



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

WILLIAMS & NORCOTE
LONDON.

1984 e. 205





600036656W

Grundriß
der
Naturlehre

von
Friedrich Albrecht Carl Gren,
Professor zu Halle.

BIBL.D.PHARM.GESEL

Mit funfzehn Kupfertafeln.

Dritte, ganz umgearbeitete Auflage.

Halle,
bey Hemmerde und Schwetfche.
1797.

widmet

dieses Lehrbuch

als

einen öffentlichen Beweis

seiner

Hochachtung und Freundschaft

der Verfasser.

V o r r e d e .

Die Fortschritte, welche die Experimentalnaturlehre seit der ersten, und selbst seit der zweiten, Ausgabe dieses Buchs gemacht hat; die Entdeckung vieler neuen Thatsachen in diesem Zeitraume; die Berichtigung mehrerer Lehren, und die Menge neuer Ansichten, zu welchen in dem Gebiete dieser Wissenschaft der vereinigste Fleiß so vieler Naturforscher des In- und Auslandes Gelegenheit gegeben hat, machte es mir zur Pflicht, diese Ausgabe ganz umzuarbeiten. Die Veränderungen, die sie dadurch erlitten hat, sind von der Beschaffenheit, daß sie als ein ganz neues Werk angesehen werden kann. Es wäre keinesweges genug gewesen, neue Entdeckungen bloß in Anmerkungen hier und da einzuschalten;

es mußten ältere, nicht weiter haltbare, Theorien ganz aufgeopfert, viele Lehrmeinungen ganz umgearbeitet werden, wodurch denn Form und Materie des Buchs durchaus eine Veränderung erlitt. Ich habe keinen Fleiß gespart, um das Werk in Hinsicht der Materien so vollständig als möglich zu machen, und eine Uebersicht alles Wissenswürdigen in dem Gebiete der Naturlehre zu geben; und ich darf mir schmeicheln, darin keinem meiner Vorgänger nachzustehen. Die neue Ordnung, in welcher ich die einzelnen Lehren gestellt habe, gewährt nicht nur eine natürliche Verknüpfung derselben, sondern erleichtert auch die Uebersicht des Ganzen, welches bey der Menge von Thatsachen gewiß ein nothwendiges Erforderniß ist. Kenner werden übrigens bald finden, daß ich nicht bloß das Alte und Neue gesammelt habe, sondern daß viele Sätze mir eigenthümlich zugehören.

Der erste Theil, welcher die allgemeine Naturlehre enthält, hat sehr beträchtliche Abänderungen und Zusätze. Im ersten Hauptstücke desselben trage ich die metaphysische Naturlehre vor, die mit Recht den übrigen Theilen
der

der Physik vorangehen muß. Es ist in der That unverzeihlich, die Aufklärungen, welche die kritische Philosophie hier verschafft hat, zu ignoriren. Die Gründe derselben für das dynamische und gegen das atomistische System bestimmten meine Ueberzeugung für das erstere; doch trage ich auch das letztere zugleich vor. Ich habe in diesem Abschnitte ganz auf Kants metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft gebaut; ich brauchte aber nicht die Ordnung zu befolgen, wie er bey der ersten Begründung seines Systems thun mußte, nämlich den Begriff der Materie nach den Momenten der Kategorien durchzuführen. Die ganze reine Bewegungslehre gehört mit Recht zu diesem Abschnitte, da sie die Materie bloß als beweglich, ohne andere empirische Eigenschaften derselben, zum Grunde legt. Die Behauptungen, welche der sel. Gelehrte gegen die Sätze von Trägheit, Masse und Widerstand gemacht hat, gründeten sich auf einen bloßen Mißverstand, der freylich sehr allgemein ist. Ich habe es für unnöthig gehalten, mich auf eine detaillirte Widerlegung derselben, die mir sehr leicht geworden seyn würde, ein-

eingulassen. Unbefangene Kenner werden sehr leicht selbst entscheiden können; und für diese ist das, was ich beym §. 62. gesagt habe, hinlänglich, ihr Urtheil zu bestimmen. Im zweyten Hauptstücke handle ich von den Grundstoffen der Körper, die wir durch die neuere Chemie kennen, freylich nur vorerst im Allgemeinen; und dann von den Formen, worin uns die Materien unserer Welt erscheinen. Ich leite diese Formen von den verschiedenen wechselseitigen Verhältnissen der beyden Grundkräfte der Materie bey den specifisch verschiedenen Arten derselben ab. Die Lehre von der Crystallisation fand hier ihren Platz. Die mannigfaltigen Phänomene der Cohärenz stehen ebenfalls damit im Zusammenhange, die wied rum auf die Lehren von den chemischen Verwandtschaften führen. Die chemische Auflösung ist kein geringer Beweis für das dynamische System. Um eines neuern Sophisten in der physischen Chemie willen, hätte ich wohl näher darauf hinzeigen sollen, (ob es gleich von selbst aus dem Gesagten fließt,) daß die Kraft, welche das Anhängen liquider Materien an feste bewirkt, von der, welche

che die Auflösung fester in liquiden herbeibringt, nur dem Grade nach verschieden ist. Im erstern Falle nämlich ist die Anziehung zwischen den Theilen des festen und liquiden Stoffes nur größer, als zwischen den Theilen des letztern allein; im andern Falle ist sie hingegen größer, als die Summe der respectiven Anziehungen zwischen den Theilen des liquiden Stoffes unter sich, und zwischen den Theilen des festen Stoffes unter sich. Im dritten Hauptstücke handle ich die Phänomene der Schwere im Allgemeinen ab, die alle Körper, in so fern sie schwer sind, und ohne Rücksicht auf ihre Form, ob sie nämlich fest, liquid oder expansibel sind, zeigen. Dahin gehört die Lehre vom freyen Falle, vom Falle auf der schiefen Ebene, von den Pendelschwingungen, von der Wurfbewegung, von der Centralbewegung schwerer Körper. Das vierte Hauptstück enthält die Phänomene schwerer fester Körper, und begreift die Lehre vom Schwerpunkte fester Körper, vom Gleichgewichte derselben, und von ihrem Stöße. Im fünften Hauptstücke sind die Phänomene schwerer liquider Körper vorgetragen; oder

es enthält den hydrostatischen Theil der Naturlehre. Die Tabelle über die eigenthümlichen Gewichte (S. 242.) habe ich so vollständig als möglich zu machen gesucht. Das sechste Hauptstück, von den Phänomenen schwerer expansibeler Flüssigkeiten, ist ganz neu hinzugekommen. In den vorigen Ausgaben waren die Lehren vom Drucke der Luft, der von ihrer Schwere und ihrer Elasticität abhängt, in der besondern Naturlehre, unter dem Abschnitte von der Luft, abgehandelt worden; allein die Gesetze des Druckes und Gleichgewichts der atmosphärischen Luft kommen allen schweren expansibelen Flüssigkeiten, allen Gasarten und Dämpfen, zu. Sie gehören also in die allgemeine Naturlehre, indem man das Wort: Luft, hier im generischen Sinne nehmen kann. Der Abschnitt von der Luft fällt in der besondern Naturlehre nun weg; denn die Lehre von der Gasbildung im Allgemeinen, und von dem Einflusse der Wärme auf Elasticität der Luft, ist beym Wärmestoffe abgehandelt; die Untersuchungen über die specifische Natur der einzelnen Gasarten aber sind zerstreuet bey der Betrachtung der ponderabelen einfachen Stoffe,

Stoffe, die ihre respectiven Grundlagen ausmachen, im zweiten Theile angestellt worden. Ein System der Naturlehre soll ja kein Wörterbuch derselben seyn. Die Lehren vom Schalle und Tone, die sonst auch in der besondern Naturlehre, und zwar bey dem Artikel: Luft, standen, machen jetzt in der allgemeinen Naturlehre das siebente Hauptstück, das die Schwingungsbewegungen schallender und klingender Körper begreift. Die Luft ist nicht der einzige, ursprünglich schallende Körper, ob sie gleich ein gemeines Fortpflanzungsmittel des Schalles ist. Die eigenthümlichen Schwingungsbewegungen bey dem Schalle und Klange kommen allen contractilen und elastischen Körpern zu; sie gehören folglich für die allgemeine Naturlehre. Ich habe diesem Abschnitte das Wichtigste aus den vortheilhaften Chladni'schen Erfahrungen über die Schwingungsknoten und Klangfiguren einverleibt.

Der zweite Theil oder die besondere Naturlehre hat im Ganzen noch beträchtlichere Umänderungen erlitten, als der erstere. Er ist bloß der Untersuchung der specifisch verschiedenen einfachen

fachen Stoffe und ihrer Verhältnisse unter einander, gewidmet. Der erste Abschnitt handelt vom Wärmestoffe. Er hat durchaus beträchtliche Zusätze und nähere Bestimmungen erhalten. Ich habe es nicht für nöthig geachtet, auf das, was Herr Scherer neuerlich gegen das Daseyn eines materiellen Wärmestoffes vorgebracht hat, Rücksicht zu nehmen. Ein gewisser Grad von Scepticismus ist zwar der Wissenschaft vortheilhaft; aber der Pyrrhonismus ist der Tod aller wahren Naturforschung. Das zweite Hauptstück begreift das Licht. Die photometrischen Untersuchungen des Herrn Grafen von Rumford, die neuen Entdeckungen in der Anatomie des Auges, sind gehörigen Orts eingeschaltet, und die Gründe, worauf die Einrichtung achromatischer Fernröhre beruhet, mehr entwickelt worden. Ganz neu sind die nähern Untersuchungen über die Mischung und Entwicklung des Lichts und seine Verbindung mit Wärmestoff. Bei unparteiischen und wahrheitsliebenden Forschern, die auf die Sache und nicht auf Namen sehen, brauche ich mich wohl nicht zu entschuldigen, daß ich nach Herrn Richter hier noch

noch den Namen: Brennstoff, brauche. Diejenigen aber, welche Namen und Sache als altfränkisch und deshalb verwerfen, weil es neufränkische Chemisten von Ansehen thun, werden sich vielleicht beruhigen, wenn ich ihnen sage, daß das System, welches ich befolge, noch neuer ist, als das neufränkische. Im dritten Hauptstücke sind die schweren einfachen Stoffe, ihre Verbindungen und wechselseitigen Verhältnisse abgehandelt. Dieser Abschnitt enthält die ganze physische Chemie. Ich eröffne die Untersuchungen darüber mit der Lehre vom Verbrennen, und setze dadurch diesen Abschnitt mit den vorigen in genauen Zusammenhang. Das vorige System der Chemie habe ich ganz aufgegeben; man wird jetzt alle Thatsachen des antiphlogistischen Systems zum Grunde gelegt finden, dessen Lücken aber durch die neue Lehre vom Brennstoffe ergänzt sind. Das vierte Hauptstück, von der electricischen Materie, ist ganz ungearbeitet. Die Gründe, welche ich §. 1315. angeführt habe, haben mich für das Franklin'sche System bestimmt, das ich in den vorigen Ausgaben nur kurz berührt hatte. Indessen ha-

be

be ich die Erklärungen aller hauptsächlichsten Phänomene der Electricität auch nach dem dualistischen Systeme vollständig mitgetheilt. Die Erscheinungen der so genannten thierischen Electricität habe ich jetzt so umständlich vorgetragen, als es der Zweck des Buchs erlaubte. Sie sind nunmehr durch die scharfsinnigen Untersuchungen des Herrn Volta, wie ich glaube, völlig aufgeklärt, und für die Lehre von der Electricität kein geringer Zuwachs. Meine Theorie über die Natur und das Wesen der electricischen Materie empfehle ich den Kennern vorzüglich zur Prüfung und nähern Beurtheilung; ich bitte aber dabey auf den Zusammenhang derselben mit der Theorie von der Natur des Lichts im zweyten Abschnitte die nöthige Rücksicht zu nehmen. Im fünften Hauptstücke, von der magnetischen Materie, sind die seit der letztern Ausgabe mir bekannt gewordenen neuen Entdeckungen nachgetragen; dagegen ist keine Theorie des Magnetismus beygefügt worden, weil jede bekannte unzulänglich ist, und jede neue hinzugekommene Thatsache jede vorige Theorie bisher umgestoßen hat.

Man

Man wird den letzten Abschnitt der vorigen Ausgaben in dieser ganz vermissen; allein ich habe mir vorgenommen, in einem besondern Bande die specielle Betrachtung unseres Erdkörpers in astronomischer, geologischer und meteorologischer Beziehung näher abzuhandeln. Bey den Fortschritten, welche die Experimentalwissenschaften glücklicher Weise machen, wird ihr Umfang immer größer; aber es darf der Wissenschaft wohl nicht zum Vorwurfe gereichen, daß zu ihrem, einiger Maßen vollständigen, Lehrvortrage der halbjährige Cursus nun nicht mehr hinreichend bleibt.

Uebrigens habe ich mich bemühet, in meinem Buche die Mittelstraße zwischen einem kurzen aphoristischen Vortrage und einem ausführlichen Discours zu halten, die nöthigen Versuche mit Deutlichkeit zu beschreiben, die Erklärungen mit Bestimmtheit zu geben, und besonders die Gesetze, wornach die Wirkungen geschehen, herauszuheben. Da, wo der compendiarische Zweck des Buchs keine nähere Beschreibung der Werkzeuge und Versuche verstattete, habe ich die nöthigen litterarischen Nachweisungen gegeben.

hen. Ueberall wird man mein Bestreben, dem Werke mehrere Vollkommenheit zu verschaffen, bey Vergleichung mit der letztern Ausgabe wahrnehmen können. Halle, den 8ten May 1797.

J. A. C. Gren.

Druck- und Schreibfehler.

- Seite 24, f. 31, Zeile 3 und 4 statt einander lies gegen einander
 S. 42, Z. 17 ff. Seiten 1. Geschwindigkeiten.
 S. 49, f. 80, Z. 8 ff. Qualität 1. Quantität.
 S. 64, Z. 4 ff. AB 1. Ab.
 S. 78, f. 122, Z. 9 ff. torpbar 1. tropfbar.
 S. 267, Z. 8 ff. längern 1. kürzern
 S. 382, Z. 2 ff. CE zu CE 1, CE zu CB.
 S. 531, Z. 1 ff. aus der Luft 1. aus dem Glase in die Luft
 S. 656, f. 1033, Z. 2 ff. antiplogistischen 1. phlogistischen
-

Grundriß der Naturlehre.

Einleitung.

§. 1.
Natur heißt der Inbegriff der Kräfte eines Dinges.

Rob. Boyle tr. de ipsa natura, five liber. in receptam naturae notionem disquisitione. Genev. 1688. 4. und in der lateinischen Uebersetzung seiner Operum, eb.

Sonst versteht man auch unter dem Worte, Natur, die erste Grundursach der Erscheinungen in der Welt, oder die hervorbringende Ursach der Dinge und ihrer Wirkungen, und darauf beziehen sich die Ausdrücke: die Natur bringt hervor, die Natur thut dies und jenes, u. s. w. Dies war die *Natura naturans* der Scholastiker. Ferner braucht man das Wort, Natur, auch für den Inbegriff aller materiellen Dinge, oder gleichbedeutend mit dem Worte, Welt; und darauf beziehen sich die Redensarten: Man trifft in der ganzen Natur dies und das nicht an, u. d. m. In diesem Sinne ist es die *Natura naturata* der Scholastiker.

Natürlich, künstlich, unnatürlich (*praeter naturam*), wider natürlich (*contra naturam*), und wunderbar. Bedeutung und Unterschied dieser Worte.

§. 2. Kraft nennen wir jede Ursach der Veränderung des Zustandes eines Dinges oder der Dinge.

§. 3. Für uns ist keine andere Veränderung des Zustandes der Dinge gedenkbar, als die ihr räumliches Verhältniß betrifft; folglich sind Kräfte Ursachen der Aenderung des räumlichen Verhältnisses der Dinge, entweder unter einander oder in ihren

II

Theilen,

2 Einleitung.

Theilen; oder mit andern Worten, Kraft ist, was Bewegung hervorbringt, oder hemmt.

§. 4. Naturwissenschaft oder Naturlehre (Physica), im weitläufigsten Sinne des Worts, ist demnach die Wissenschaft von den Ursachen der Veränderung des Zustandes der Dinge. Wir schränken sie indessen nur auf Gegenstände der äußern Sinne, oder auf materielle Dinge ein.

§. 5. Wir nennen die Veränderungen, die sich in Ansehung des Zustandes der Dinge der Sinnenwelt zutragen, Naturbegebenheiten oder Erscheinungen (Phaenomena). Die Ursachen derselben aufzusuchen und anzugeben, ist eben der Zweck der Naturlehre (§. 4.).

§. 6. Diese rationelle Naturlehre setzt die historische voraus, welche die Aufzählung der Gegenstände der Sinnenwelt zum Zweck hat, die wesentlichen Kennzeichen, durch welche sich die natürlichen Körper voneinander unterscheiden, angiebt, und sich mit ihrer systematischen Klassification beschäftigt. Man nennt die letztere, Naturgeschichte (Historia naturalis), und unterscheidet sie noch von der Geschichte der Natur, welche die Veränderungen, die unsere Sinnenwelt erlitten hat, erzählt, wovon wir aber nur Bruchstücke besitzen.

Man schränkt, wegen des weitläufigen Umfanges, die Naturlehre nur auf die sogenannte todte Natur ein, mit Ausschluß der Phänomene des Lebens organischer Körper, die man in der Physiologie abhandelt.

§. 7. Die Naturlehre erklärt die Naturbegebenheiten (§. 5.), wenn sie die Ursachen derselben angiebt.

§. 8.

Einleitung

§. 8. Bei diesen Entwickelungen der Ursachen von den Naturbegebenheiten kommt sie endlich auf solche zurück, die nicht mehr ein Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmung sind, und die daher außer den Gränzen unserer Erkenntniß liegen. Sie muß bei diesen Ursachen, als Grundkräften, stehen bleiben, wo:in sie die Schranken unserer Erfahrungskenntniß berechtigen. Von diesen letzten Ursachen kennen wir nur die Wirkungen, nicht die wirkende Ursach, an sich. Alle Speculationen und alles Dogmatisiren über diese letzten Grundursachen hat die Wissenschaft nicht im mindesten gefördert; und wenn es auch gleich möglich, und sogar auch wahrscheinlich seyn möchte, daß die, welche wir für Grundursachen halten, noch zusammengesetzt seyn können, so müssen wir uns doch bei ihnen beruhigen, so lange uns zu ihrer Zergliederung alle Erfahrung verläßt.

Das Aufsteigen des Wassers in dem Stiefel der Saugpumpe ist eine Naturbegebenheit (nach §. 5.). Sie wird erklärt durch den Druck der Luft; denn in diesem liegt der zureichende Grund dieser Veränderung. Die Luft selbst aber drückt durch die Schwere ihrer Theile, und die Ursach dieser Schwere, oder die Schwerkraft, liegt außer den Gränzen unserer sinnlichen Wahrnehmung. Wir bleiben daher bei ihr, als einer Grundursach, oder einer Grundkraft, stehen, deren Wirkung wir nur erfahren, die wir aber an sich selbst nicht erkennen können.

§. 9. Alle Naturbegebenheiten geschehen nach gewissen u. unabänderlichen Regeln in der Körperwelt, und die Wirkungen erfolgen immer auf einerley Art, wenn sich die Körper in einerley Umständen befinden. Die Bestimmungen dieses beständigen Erfolgs der Wirkungen bei Körpern unter einerley Umständen nennt man Naturgesetze (Leges naturae). Sie sind

Einleitung.

fastlich nur Folgerungen, welche wir aus den Wirkungen der Körper ziehen, oder Gesetze, welche wir in die Körperwelt eintragen. Nur die Wirkungen sind in der Natur, die Gesetze dazu legt unser Verstand hinein. Die Kenntniß dieser Naturgesetze ist indessen für uns von der größten Wichtigkeit und vom größten Nutzen. Sie verschaffen uns eine allgemeinere Uebersicht der Phänomene, bringen Einheit in unsere Vorstellungen, und belehren uns von dem, was geschehen kann und wird, oder nicht wird, wenn diese oder jene Umstände eintreten. Indessen muß man zugeben, daß, wenn man die Naturbegebenheiten auf allgemeinere Naturgesetze zurückführt, dies noch nicht dieselben erklären (§. 7.) heißt; oder daß Kenntniß der Naturgesetze noch nicht Kenntniß aus Ursachen ist. Beide thun aber auch einander keinen Eintrag, und es bleibt dem ohngeachtet wahr, daß die Kenntniß der Gesetze der Natur mehr werth ist, als Erklärungen aus Hypothesen, und daß wir in sehr vielen Fällen besser thun, uns erst um diese Gesetze zu bekümmern, ehe wir es wagen dürfen, nach den Ursachen zu forschen. Der Nutzen der Kenntniß der Naturgesetze fließt aus ihrer Allgemeinheit und Beständigkeit.

Als Beispiele zur Erläuterung dienen hier: die Zeit des Trägheits der Thiere; das Gesetz der Brechung des Lichts; das Verhältniß, das hierbey zwischen dem Sinus des Einfallswinkels, und dem des gebrochenen Winkels Statt findet; das Gesetz des Falles der schweren Körper im leeren Mittel; das hydrostatische Gesetz; das Reflexionsgesetz; das Gesetz des Anziehens ungleichnamiger Pole des Magnets; des Abstoßens gleichnamiger Pole desselben, u. d. m.

Beispiele des Nutzens für die Ausübung geben: die Anwendung des Gesetzes der Leitung der electrischen Materie zu Gewittern

Einleitung.

9

Gewinnbarkeiten; die Anwendung der Kenntniß der Verwandtschaftsgesetze in der Chemie, u. a.

§. 10. Bei den Erklärungen der Naturbegebenheiten erforscht die Naturlehre die Ursachen derselben, welche den Grund von jenen in sich enthalten, auf eine doppelte Weise, theils durch Erfahrungen (*Experientia*), theils durch Folgerungen und Vermunftschlüsse (*Ratiocinio*), die sie aus den Erfahrungen zieht.

§. 11. Erfahrungen (§. 10.) heißen die Wahrnehmungen der Veränderungen an den Materien unserer Welt durch unsere Sinne. Wir lassen hiebei die Dinge entweder in dem Zustande, worin sie sich ohne unser Zutun befinden, und dann heißt die Erfahrung eine Beobachtung oder Bemerkung (*Observatio*); oder wir verändern dabei vorsätzlich ihren Zustand, und lassen sie bei veränderten Umständen andere Wirkungen äußern, die sie für sich selbst nicht hervorgebracht haben würden; in diesem Fall nennt man die Erfahrung einen Versuch (*Experimentum*).

§. 12. Durch Versuche lernen wir Wirkungen und Kräfte der Dinge kennen, die wir durch bloße Beobachtungen vielleicht nie würden wahrgenommen haben, und bringen durch sie tiefer in die Natur der Körper ein. Sie verleiten aber auch, zumal wenn sie sehr verwickelt sind, viel leichter zu Irrthümern als bloße Beobachtungen. Mangel an Beobachtungen macht Versuche notwendig; aber die Versuche müssen auch auf Beobachtungen zurückführen, wenn sie alle Phänomene unter einander verbinden, und die allgemeinsten

meinsten Ursachen entwickeln sollen. Bei manchen Dingen ist die Erfahrung durch Versuche unmöglich.

§. 13. Die Mittel, durch welche wir Erfahrungen anstellen, und die Veränderungen mit den Sinnen wahrnehmen, oder der Unvollkommenheit unserer Sinne zu Hülfe kommen, heißen **Werkzeuge, Instrumente**. Man begreift sie zusammen unter dem Namen des **physischen Apparats** (*Suppellex physica*). Einfachheit, Genauigkeit und Reinlichkeit sind notwendige Erfordernisse derselben.

§. 14. Zur Anstellung der Erfahrung wird eine gute Beschaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne (wenn sie Statt haben kann), Aufmerksamkeit auf alle Umstände, um nichts zu übersehen, die strengste Genauigkeit, Vorsicht, Mangel an Vorurtheil, Unparteilichkeit, und endlich Vollkommenheit der Werkzeuge erfordert. Die Abänderung der Versuche ist von dem größten Nutzen, und schützt uns desto sicherer vor Irrthümern.

§. 15. Bloße Erfahrungen können keinen Nutzen haben, wenn nicht Folgerungen und Schlüsse auf die Natur des untersuchten oder wahrgenommenen Gegenstandes daraus hergeleitet werden können. Der Naturforscher muß daher auch aus den Erfahrungen, die über die Dinge angestellt worden sind, durch richtige Schlüsse die Natur der Körper bestimmen und die Ursachen der Naturbegebenheiten entwickeln; dann aber auch seine Folgerungen durch Versuche und Beobachtungen, auch unter abgeänderten Umständen,

zu bestätigen suchen. Er muß zuerst die Kräfte der Stoffe analytisch erforschen, und dann aus ihrer Verbindung unter einander synthetisch die Folgerungen machen, die zur Erklärung der Veränderungen und der Naturbegebenheiten dienen. Er verdient den Namen eines Naturphilosophen, wenn er bey den Erklärungen der mannigfaltigen Naturbegebenheiten sie bis auf die letzten Grundursachen zurückführen kann.

Franc. Bac. de Verulamio de interpretatione naturae; in selectis Operibus. Lips. 1694. fol. C. 264 ff. Torb. Bergmann de indagando vero; in seinen Opusc. phys.-chemic. Vol. I. Holm. et Lips. 1779. 8. im Introitu. J. Sennebier l'art d'observer. à Genève 1775. T. I. h. Die Kunst zu beobachten, von J. Sennebier, a. d. Fr. von Smelin. Leipz. 1776. T. I. II. 8. Carrard art d'observer. à Amsterdam 1777. 8.

§. 16. Die Erklärungen, die weder auf Erfahrungen, noch auf richtigen Vernunftschlüssen beruhen, dürfen schlechterdings nicht Statt finden. Da wir aber bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten nicht immer die wirkenden Ursachen sinnlich wahrnehmen und untersuchen können, so nöthigt uns in diesem Falle die Befriedigung des Bedürfnisses unseres Geistes, eine Ursache im Voraus anzunehmen, aus der wir die beobachteten Wirkungen folgern. Diese Erklärungsart heißt die hypothetische, und ist der categorischen entgegengesetzt, wo-man auf sinnlich zu erweisende Ursachen zurückgeht.

§. 17. Nur der Mißbrauch der Hypothesen ist verwerflich; der gehörige und kluge Gebrauch derselben ist oft nützlich. Sie geben nicht selten Gelegenheit zu neuen und abgeänderten Versuchen, und bie-

ten

ten also Stoff zur Erweiterung unserer Kenntniß und zur Erforschung der Eigenschaften der Körper dar; und es ist nicht zu leugnen, daß sie selbst zur Erfindung der Wahrheit, und zur Vervollkommenung der Naturlehre beigetragen haben. Nur muß man bey der hypothetischen Erklärungsart zugestehen, daß sie nichts weiter, als hypothetisch ist.

§. 18. Eine Hypothese muß, wenn sie zur Erklärung zugelassen werden soll, auf Versuchen oder Beobachtungen beruhen, zur vollständigen und ungezwungenen Erklärung der Naturbegebenheiten hinreichen, und keinem andern ausgemachten und allgemeinen Naturgesetze widersprechen. Diese Eigenschaften bestimmen ihre Wahrscheinlichkeit, und diese steigt bis zur höchsten Stufe, wenn alle und jede Folgerungen daraus hergeleitet und die Unmöglichkeit einer jeden andern Voraussetzung dargethan werden kann. Die analogischen Erklärungen sind oft nützlich, aber sehr leicht trügerisch, und also nur mit der größten Vorsicht anzuwenden.

§. 19. Bey den Erklärungen sind folgende Regeln (*Regulae Newtonianae*) zu beobachten: 1) Keine andere Ursachen sind für wahr zu halten, als welche zur ungezwungensten, einfachsten und verständlichsten Erklärung einer Naturbegebenheit notwendig und hinreichend sind. Die Ursachen aber sind wahr, 2) wenn sie sinnlich in der Natur zu erweisen sind, und es ausgemacht ist, daß sie bey der beobachteten Naturbegebenheit zugegen waren, alle

Einleitung.

9

alle andere Ursachen aber haben offenbar ausgeschlossen werden; b) wenn das Phänomen nicht bloß möglicher Weise, sondern offenbar daraus fließt; c) wenn unter abgeänderten Umständen eben dieselbige Ursache auch dieselbigem Phänomene hervorbringt; und d) endlich, wenn bey der Wegnahme der Ursache das Phänomen wegfällt.

Erläuterung durch das Beispiel vom Aufsteigen des Wassers
vermittelst des Drucks der Luft in Saugpumpen. *Perr.
u. Muschenbroek introd. ad philos. nat. L. B. 1761. §.
§. XXXI.*

§. 20. 2) Wirkungen von einerley Art müssen auch einerley Ursache zugeschrieben werden. Hierbey muß man sich aber hüten, von der Ähnlichkeit und der Uebereinstimmung gewisser Umstände verschiedener Phänomene auf die Identität ihrer Ursache zu schließen, und oft hält es schwer, das Zufällige, was die Ähnlichkeit macht, von dem Wesentlichen zu unterscheiden.

Muschenbroek a. a. O. §. XXXIV.

§. 21. 3) Die Eigenschaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig sind, und die man bey allen Körpern, mit denen man Versuche anstellen kann, antrifft, sind für allgemeine Eigenschaften der Körper zu halten.

Muschenbroek a. a. O. §. XXXV.

§. 22. 4) Die aus den Phänomenen durch Induction gesammelten Sätze müssen wir, ohne acht der entgegenstehenden Hypothesen, für völlig wahr, oder sehr nahe für wahr halten, bis wir auf andere Phänomene treffen, durch die sie entweder

kleinsten Ursachen entwickeln sollen. Bei manchen Dingen ist die Erfahrung durch Versuche unmöglich.

§. 13. Die Mittel, durch welche wir Erfahrungen anstellen, und die Veränderungen mit den Sinnen wahrnehmen, oder der Unvollkommenheit unserer Sinne zu Hülfe kommen, heißen **Werkzeuge, Instrumente**. Man begreift sie zusammen unter dem Namen des **physischen Apparats** (*Supplex physica*). Einfachheit, Genauigkeit und Reinlichkeit sind notwendige Erfordernisse derselben.

§. 14. Zur Anstellung der Erfahrung wird eine gute Beschaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne (wenn sie Statt haben kann), Aufmerksamkeit auf alle Umstände, um nichts zu übersehen, die strengste Genauigkeit, Vorsicht, Mangel an Vorurtheil, Unparteilichkeit, und endlich Vollkommenheit der Werkzeuge erfordert. Die Abänderung der Versuche ist von dem größten Nutzen, und schützt uns desto sicherer vor Irrthümern.

§. 15. Bloße Erfahrungen können keinen Nutzen haben, wenn nicht Folgerungen und Schlüsse aus die Natur des untersuchten oder wahrgenommenen Gegenstandes daraus hergeleitet werden können. Der Naturforscher muß daher auch aus den Erfahrungen, die über die Dinge angestellt worden sind, durch richtige Schlüsse die Natur der Körper bestimmen und die Ursachen der Naturbegebenheiten entwickeln; dann aber auch seine Folgerungen durch Versuche und Beobachtungen, auch unter abgeänderten Umständen,

zu bestätigen suchen. Er muß zuerst die Kräfte der Stoffe **analytisch** erforschen, und dann aus ihrer Verbindung unter einander **synthetisch** die Folgerungen machen, die zur Erklärung der Veränderungen und der Naturbegebenheiten dienen. Er verdient den Namen eines Naturphilosophen, wenn er bei den Erklärungen der mannigfaltigen Naturbegebenheiten sie bis auf die letzten Grundursachen zurückführen kann.

Franc. Bac. de Verulamio de interpretatione naturae; in selectis Operibus. Lips. 1694. fol. S. 264 ff. Torb. Bergmann de indagando vero; in suis Opusc. phys.-chemic. Vol. I. Holm. et Lips. 1779. 8. im Introitu. J. Sennebier l'art d'observer. à Genève 1775. T. I. h. Die Kunst zu beobachten, von J. Sennebier, a. d. Fr. von Smelin. Leipz. 1776. T. I. II. 8. Carrard art d'observer. à Amsterdam 1777. 8.

§. 16. Die Erklärungen, die weder auf Erfahrungen, noch auf richtigen Vernunftschlüssen beruhen, dürfen schlechterdings nicht Statt finden. Da wir aber bei den Erklärungen der Naturbegebenheiten nicht immer die wirkenden Ursachen sinnlich wahrnehmen und untersuchen können, so nöthigt uns in diesem Falle die Befriedigung des Bedürfnisses unseres Geistes, eine Ursache im Voraus anzunehmen, aus der wir die beobachteten Wirkungen folgern. Diese Erklärungsart heißt die **hypothetische**, und ist der **categoriale** entgegengesetzt, wo man auf sinnlich zu erweisende Ursachen zurückgeht.

§. 17. Nur der Mißbrauch der Hypothesen ist verwerflich; der gehörige und fluge Gebrauch derselben ist oft nützlich. Sie geben nicht selten Gelegenheit zu neuen und abgeänderten Versuchen, und bieten

den also Stoff zur Erweiterung unserer Kenntniß und zur Erforschung der Eigenschaften der Körper dar; und es ist nicht zu leugnen, daß sie selbst zur Erfindung der Wahrheit, und zur Vervollkommenung der Naturlehre beigetragen haben. Nur muß man bey der hypothetischen Erklärungsart zugestehen, daß sie nichts weiter, als hypothetisch ist.

§. 18. Eine Hypothese muß, wenn sie zur Erklärung zugelassen werden soll, auf Versuchen oder Beobachtungen beruhen, zur vollständigen und ungezwungenen Erklärung der Naturbegebenheiten hinreichen, und keinem andern ausgemachten und allgemeinen Naturgesetze widersprechen. Diese Eigenschaften bestimmen ihre Wahrscheinlichkeit, und diese steigt bis zur höchsten Stufe, wenn alle und jede Folgerungen daraus hergeleitet und die Unmöglichkeit einer jeden andern Voraussetzung dargethan werden kann. Die analogischen Erklärungen sind oft nützlich, aber sehr leicht trügerisch, und also nur mit der größten Vorsicht anzuwenden.

§. 19. Bey den Erklärungen sind folgende Regeln (*Regulae Newtonianae*) zu beobachten:
 1) Keine andere Ursachen sind für wahr zu halten, als welche zur ungezwungensten, einfachsten und verständlichsten Erklärung einer Naturbegebenheit notwendig und hinreichend sind. Die Ursachen aber sind wahr, 2) wenn sie sinnlich in der Natur zu erweisen sind, und es ausgemacht ist, daß sie bey der beobachteten Naturbegebenheit zugegen waren,
 alle

Einleitung.

3

alle andere Ursachen aber haben offenbar ausgeschlossen werden; b) wenn das Phänomen nicht bloß möglicher Weise, sondern offenbar daraus fließt; c) wenn unter abgeänderten Umständen eben dieselbige Ursach auch dieselbigen Phänomene hervorbringt; und d) endlich, wenn bey der Wegnahme der Ursach das Phänomen wegfällt.

*Erläuterung durch das Beispiel vom Aufsteigen des Wassers
vermittelst des Drucks der Luft in Saugpumpen. Ferr.
a. Muschenbroek introd. ad philos. nat. L. B. 1761. 4.
f. XXXI.*

§. 20. 2) Wirkungen von einerley Art müssen auch einerley Ursach zugeschrieben werden. Hierbey muß man sich aber hüten, von der Aehnlichkeit und der Uebereinstimmung gewisser Umstände verschiedener Phänomene auf die Identität ihrer Ursach zu schließen, und oft hält es schwer, das Zufällige, was die Aehnlichkeit macht, von dem Wesentlichen zu unterscheiden.

Muschenbroek a. a. O. f. XXXIV.

§. 21. 3) Die Eigenschaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig sind, und die man bey allen Körpern, mit denen man Versuche anstellen kann, antrifft, sind für allgemeine Eigenschaften der Körper zu halten.

Muschenbroek a. a. O. f. XXXV.

§. 22. 4) Die aus den Phänomenen durch Induction gesammelten Sätze müssen wir, ungeachtet der entgegenstehenden Hypothesen, für völlig wahr, oder sehr nahe für wahr halten, bis wir auf andere Phänomene treffen, durch die sie entweder

weder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden.

Muschenbroek a. a. O. §. XXXVI.

Isaac Newton Philosoph. natural. princip. mathem. L. III.

§. 23. Zur philosophischen Erklärung der natürlichen Begebenheiten und Wirkungen der Materie, wird außer der nöthigen historischen Kenntniß der Körper erfordert, daß man die ungleichartigen Bestandtheile der Körper, und die einfachen Stoffe überhaupt, die Art und Weise ihrer Vereinigung, und ihre Verhältnisse unter einander kennt; und dann endlich, daß man die Größe ihrer Kraft gehörig ermessen kann. Die Naturgeschichte, die Chemie, und die Mathematik werden also die Grundlage, auf welche man das Gebäude der philosophischen Naturlehre errichten muß.

§. 24. Auf diese Art wird dann die Naturlehre, so unvollkommen sie auch noch ist, zu der nützlichsten Wissenschaft erhoben, die unserm Verstande Nahrung, und unserm physischen Zustande Vortheil verschaffen kann. Sie giebt die unverkennbarsten Fingerzeige von dem Daseyn eines allmächtigen, weisen und gütigen Wesens, reißt uns unwiderstehlich zur Bewunderung desselben hin, und erhöht unsern Glauben an dasselbe; sie macht uns näher mit uns selbst bekannt; sie lehrt uns die Körper kennen, deren wir uns täglich zu unserm Unterhalte bedienen; sie zeigt uns den Nutzen mehrerer für unsere Gesundheit, und lehrt uns den Nachtheil anderer für uns gehörig meiden; sie giebt Mittel an die Hand, die natürlichen Dinge

Dinge zur Nothdurft und Bequemlichkeit des Lebens anzuwenden; sie unterhält uns auf die angenehmste Weise, und schafft Vergnügen; sie zerstört am kräftigsten die Fesseln des Aberglaubens, schützt uns vor schrecklichen Folgen desselben; und endlich, (was kein unbeträchtlicher Nutzen ist!) sie führt uns eben so zur Demuth und Bescheidenheit, und zeigt uns, daß unser Wissen höchst eingeschränkt ist, als sie uns zur weitem Anstrengung unserer Verstandeskraft immer mehr und mehr ermuntert, und Gelegenheit darbietet.

§. 25. Da die Naturlehre eine gemischte Wissenschaft ist, so darf ihr Lehrvortrag sich nicht bloß auf speculative Betrachtungen einschränken, sondern er muß intuitive Kenntnisse ertheilen, die lehresätze aus Erfahrungen herleiten und durch Versuche beweisen. Die richtige Verbindung der empirischen mit der speculativen oder theoretischen Physik macht erst das Lehrgebäude vollständig. Am nützlichsten scheint mir die Methode, nach welcher man bey dem Vortrage die Theorie mit den Versuchen verwehrt.

§. 26.

Geschichte der Naturwissenschaft.

Spuren physikalischer Wissenschaften bey den Völkern des höchsten Alterthums, den Indus, den Babyloniern oder Chaldaern, Persern, und Aegyptern. — Data, als Beweise der wissenschaftlichen physikalischen Kenntnisse eines Volkes der Urmwelt. Verfall dieser Kenntnisse bey den vorgenannten Völkern.

Wenige

Wenige Fortschritte der Naturlehre bey den Griechen, und Hindernisse derselben durch übertriebene Erklärungssucht und Speculation, und Mangel an Experimentaluntersuchungen. Thales (um das J. v. B. 3400), Pythagoras (3475), Democritus (3500), Plato (3638), Aristoteles (3664), und die Peripatetiker; Epikur (3900). Stiftung der Schule zu Alexandrien. Große Vervollkommnung der Mathematik und Astronomie bey den Griechen in dieser Schule: Euklides (300 J. vor E. G.), Hipparchus (160 J. vor E. G.), Ptolemaeus (im 2. Jahrh. nach E. G.); Archimedes zu Syracus (250 J. vor E. G.).

Geringer Fortgang der wissenschaftlichen Naturlehre bey den Römern. Lucretz (im 1. Jahrhundert vor E. G.), Seneca und Plinius der ältere (im 1. Jahrh. nach E. G.).

Verfall der Naturlehre und der Weltweisheit überhaupt bey dem wachsenden Verfall des römischen Reichs. Kabbalistische und gnostische Philosophie. Neuplatonische Philosophie. Mystik. Alchemie.

Erhaltung und Bearbeitung mathematischer, astronomischer und chemischer Kenntnisse bey den Arabern (vom 9. J. nach E. G. an).

Traurige Beschaffenheit der Naturwissenschaft in den abendländischen Reichen, vom Einfall der kriegsrührischen nördlichen Völker ins römische Reich im 3ten Jahrh. nach E. G. bis zur allmäligen Wiederherstellung der Wissenschaften im 15. Jahrh. Scholastische Philo-

Philosophie. Einige wichtige practische Entdeckungen dieses Zeitraums, des *Compasses*, der *Brillen*, des *Schießpulvers*. Fortschritte einzelner mechanischen Künste und Operationen. *Albrecht der Große* (im 13. Jahrh.), *Flauto Giojas* (im 14. Jahrh.).

Ursprung der Experimental-Physik. Schleunige Fortschritte der wissenschaftl. Kenntniß der Naturlehre: *Nicol. Copernicus* (geb. 1472, gest. 1543); *Tycho de Brahe* (geb. 1546, gest. 1601); *Franz Baco von Verulam* (geb. 1560, gest. 1626); *Galileo Galilei* (geb. 1564, gest. 1641); *Joh. Kepler* (geb. 1571, gest. 1630); *Peter Gassendi* (geb. 1592, gest. 1655); *Willebrord Snellius* (geb. 1591, gest. 1626); *Renat des Cartes* (geb. 1596, gest. 1650); *Evangelista Torricelli* (geb. 1618, gest. 1647); *Otto von Guericke* (geb. 1602, gest. 1686); *Rob. Boyle* (geb. 1626, gest. 1691); *Gottfr. Wilh. Leibniz* (geb. 1646, gest. 1716); *Isaac Newton* (geb. 1642, gest. 1727).

Neuerer Zeitraum. Erweiterung der lehre von der *Electricität*. Fortschritte der Naturlehre durch Vervollkommnung der Chemie. Entdeckungen in der lehre von der Luft und den expansibeln Flüssigkeiten. Verdienste der Neuern; herrschende Mängel; Hindernisse, die ihren Fortschritten entgegen sind.

Es fehlt uns noch eine ausführliche und zusammenhängende Geschichte der Naturwissenschaft. Das Werk des Hrn. de Loys: *Abregé chronologique pour servir à l'histoire de Physique*, à Strasbourg.

T. I — IV. 1786 — 89. 8. fängt erst mit Galilei vom J. 1589 an; die Ordnung desselben ist nicht musterhaft, und die nöthige Critik wird oft vermist.

S. 27.

Verzeichniß einiger physikalischen Schriften.

1) Systeme und Lehrbücher.

2) *Isaac Newtoni philosophiae naturalis principia mathematica.* Lond. 1687. 4. 1726. 4.

Eadem perpetuis commentariis illustrata, studio P. P. Thomyse le Sueur, et Franc. Jacquier. Genavae. T. I — IV. 1739. 4. 1750. 4.

Eadem commentationibus illustrata potissimum Joannis Tefsanek et quibusdam in locis veterioribus Th. le Sueur et Fr. Jacquier aliter propositis. T. I. Pragae 1780. 4.

3) *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, auct. Guil. Jac. S' Gravesande.* Leidae 1719. 4. 1744. T. I. II. 4. ed. 3a.

4) *Christ. Wolffs Versuch zu genauerer Kenntniß der Natur und Kunst.* Halle 1721 — 1723. 8. I — III. 8.

5) *Petr. van Muschenbroek introductio ad philosophiam naturalem.* Lugd. Bat. 1762. T. I. II. gr. 4.

6) *Leçons de Physique experimentale, par Mr. l'Abbé Nollet.* à Paris 1743. u. f. T. I — VI. 8.

Des Herrn Abts J. A. Nollet Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre. Aus d. Franz. Erf. 1749 — 1764. 8b. 1 — 6. 8.

7) *Joh. Andr. Segners Einleitung in die Naturlehre.* Öttingen 1746. 8. 1754. 8. 1770. 8.

8) *Praelectiones in Physicam theoreticam, conscriptae a Geo. Wolg. Krafft.* Tubing. 1750. 8. in *Physicae partes mechanicae.* P. II. 1751. 8. in *Physicae partes opticas et his cognatas.* P. III. 1754. 8.

9) *Joh. Vrn Eberhards erste Gründe der Naturlehre.* Halle 1752. 3. 5te Auflage 1787. 8.

9) Com

- 9) *Compendiaria physicae institutio, quam in usum auditorum elucubratus est P. Mako. Viadobonae. P. I. II. 1762. 8.*
- 10) *Institutionum physicae pars I, seu physica generalis, conscripta in usum tironum a Carolo Scherffer. Vindobonae. 1763. P. II. seu physica particularis. ib. eod. 8.*
- 11) *Leçons de Physique experimentale, par M. Sigaud de la Fond. à Paris 1767. T. I. II, 12.*
Anweisung zur Experimental-Physik, a. d. Fr. des Hrn. Sigaud de la Fond. Dresden 1774. Th. I, II. gr. 8.
Eben desselben Elémens de physique théorique et expérimentale. à Paris 1777. T. I — IV. 8.
- 12) *Anfangsgründe der Naturlehre, von Joh. Christ. Polyz. Erleben. Göttingen 1772. 8. 1777. 8. mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg. 1784. 8. 1787. 8. 1791. 8. 1794. 8.*
- 13) *Wenzel. Joh. Gustav Rastken Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1789. 8. Zweyte Auflage von F. A. C. Gren. Halle 1790. 8.*
- 14) *Eben desselben Anleitung zur gemünnlichen Kenntniß der Natur, Halle 1783. 8.*
- 15) *Eben desselben kurzen Entwurf der Naturwissenschaft. Halle 1785. 8.*
- 16) *T. G. Kratzensteins Vorlesungen über die Experimentalphysik. 6. Auflage. Kopenhagen 1787. 8.*
- 17) *Elémens de Physique en forme de Tables, par M. Scherer. à Strasbourg 1786. 8. T. I.*
- 18) *I. H. van Swinden positiones physicae. Harderovici T. I. 1786. T. II. 1787. gr. 8.*
- 19) *Grundlage zu meinen Vorlesungen über die Experimentalphysik, von Marcus Herz. Berlin 1787. 8.*
- 20) *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, von Immanuel Kant. 2te Auflage. Riga 1787. 8.*
- 21) *William Nicholson's Einleitung in die Naturlehre. Aus dem Engl. mit Zusätzen u. Anm. von H. S. Lüdke. B. I. II. Leipzig 1787. 8.*
- 22) *Grundriß des mathematischen u. chem. / mineral. Theils der Naturlehre, von Joh. Phil. Zobert. Berlin 1789. 8.*

- 23) *Georg. Sam. Rüdgers, Anfangsgründe der Naturlehre, in Verbindung mit der Chemie und Mineralogie.* Berlin und Stettin 1792. 8. und in dessen *Encyclopädie*, 2te Auflage, Th. II. Berlin und Stettin 1792. 8.
- 24) *Vorlesungen über die Experimentalphysik, von J. C. Schard.* Th. I — IV. Berlin 1791. 8.
- 25) *Vollständiger und festlicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen jungen Herrn von Stande, von Michael Lube.* Leipzig. B. L. H. 1793. B. III. 1794. 8.
- 26) *Compendium institutionum physicarum in usum auditorum conscripsit Matthaenus Pankl.* Posonii. P. I. II. III. 1793. 8.
- 27) *Grundriß der öffentlichen Vorlesungen über die Experimentálnaturlehre, von H. Maximus Imhoff.* München. Th. I. 1794. Th. II. 1795. 8.
- 28) *Ad. Wilh. Hauchs Anfangsgründe der Naturlehre, a. d. Dänischen übersetzt von Joh. Clem. Lode.* Kopenhagen und Leipzig. Th. I. II. 1795. 8.
- 29) *A. Sullivans Uebersicht der Natur, in Briefen an einen Reisenden. Aus dem Engl. mit einigen Anmerkungen.* Leipzig. B. L. 1795, B. II. 1796. 8.
- 30) *Lehrbuch der Naturlehre, von Jul. Cour. Zelin.* B. L. Ansbach 1796. 8.

2) Wörterbücher.

- Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre in alphabetischer Ordnung, von Joh. Sam. Traugott Sehter.* Th. I. Leipzig 1787. Th. II. 1789. Th. III. 1790. Th. IV. 1791. Th. V. 1795. Th. VI. 1796. 8.

3) Vermischte Schriften.

- 1) *Franc. Bacon. de Verulamio-opera omnia, opera Simon. Joh. Arnoldi.* Lipsi. 1694. fol.
- 2) *Robert. Boyle opera varia.* Genevae 1680. 4 cum appendic. 1682 — 1688.

3) *Christ.*

- 3) *Christ. Hugenii opera varia*, cura *Guil. Jac. P. Græwefunda*,
T. I. II. Lugd. Bat. 1724. 4.
Eiusd. opera reliqua. T. I. II. Amstelod. 1723. 4.
- 4) *Petri van Muschenbroek physicae experimentalis et geometricae disertationes*. Lugd. Bat. 1729. 4.
- 5) *Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento*, edit. a *Petr. van Muschenbroek*,
Lugd. Bat. 1731. 4.
- 6) *Leon. Euleri opuscula varii argumenti*. T. I — III. Berol.
1746. 1750. 1751. 4.
(Ebenfalls) *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers Sujets de physique et de philosophie*. T. I — III.
à Mitau 1770 — 1774. 8. Nouv. Edit. par *M. de Condorcet et de La Croix*. à Paris. T. I. 1787. T. II. 1788. gr. 8.
Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Natur und Philosophie. I — III. Th. Leipzig
1769 — 1774. gr. 8. Neue Ausgabe von *Fr. Aries*. B. I.
Gotha 1792. gr. 8.
- 7) *Abv. Gottl. Kaeßner disertationes mathematicae et physicae*. Altenb. 1771. 4.
- 8) *Recherches sur les modifications de l'atmosphère*, par
Jean André de Luc. T. I. II. à Genève 1772. gr. 4.
J. A. de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, und die zu Abmessung ihrer Veränderungen dienlichen Werkzeuge,
a. d. Franz. Th. I. II. Leipzig 1776. 1778. 8.
- 9) *Ebenfalls Idées sur la météorologie*. T. I. II. à Londres 1786. 8.
Neue Ideen über die Meteorologie, von *J. A. de Luc*. a. d.
Fr. Th. I. II. Berlin und Stettin 1787. 1788. 8.
- 10) *Voyages dans les Alpes*, par *Horace Bened. de Saussure*,
T. I — IV. à Genève 1780 — 1786. gr. 8.
Locut. Bened. von Saussure Reisen durch die Alpen. a. d.
Franz. Leipzig 1781 — 1783. B. I — IV. 8.
- 11) *Fr. Carl Richards chymisch-physische Schriften*. Berlin
1780. 8.

- 13) *Eben desselben Sammlung physikalischer und chemischer Abhandlungen.* B. I. Berlin 1784. 8.
- 13) *Torb. Bergmann opuscula physica et chemica.* Vol. I. II. Holm. Upsal. et Aboae 1779 — 1780. 8. Vol. III. ebenbas. 1783 und Lips. 1786. gr. 8. Vol. IV — VI. edid. *Ern. Beni. Gottl. Hebenstreit.* Lips. 1787. 1788. 1790. gr. 8.
- 14) *Carol. Guil. Scheele opuscula chemica et physica,* ed. *Ern. Beni. Gottl. Hebenstreit.* Vol. I. II. Lips. 1788. 1789.
- 15) *Experiments and observations on different kinds of air,* by *Jos. Priestley.* Lond. 1774. 8. Sec. edit. 1775. 8. Vol. II. 1775. Vol. III. 1776. 8.
- Dr. Jos. Priestleys Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft.* a. d. Engl. Th. I. Wien und Leipzig 1778. 8. Th. II. 1779. Th. III. 1780.
- 16) *Eben desselben Experiments and observations relating to various branches of natural Philosophy; with a continuation of the observations on air.* Lond. 1779. Vol. II. Birmingh. 1781. 8. Vol. III. Birmingh. 1786. 8. (Der Herr Verf. führt dies Werk als eine Fortsetzung des vorigen an. Eine neue Ausgabe beider zusammen in 3 B. ist zu London 1790. vom Verf. herausgegeben).
- Dr. Jos. Priestleys Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre.* a. d. Engl. Leipzig 1780. B. II. Wien und Leipzig 1782. 8.
- 17) *Opuscules physiques et chimiques,* par *M. Lavoisier.* T. I. II. à Paris 1774. 8.
- Herrn Lavoisiers physikalisch-chemische Schriften.* a. d. Franz. von *Chr. Ehrenfr. Weigel.* B. I. Greifswalde 1783. 8. B. II. 1785. 8. — aus dem Französischen gesammelt und überf. mit Anmerk. von ebendemselben. B. III. Greifswalde 1785. 8. vom *H. S. Link.* B. IV. Greifswalde 1792. B. V. 1793. 8.
- 18) *Joh. Ingenhousz vermischte Schriften,* physisch-medizinischen Inhalts; überfetzt und herausgegeben von *Hilf. Carl Molitor.* Wien 1782. 8. Neue, sehr vermehrte Auflage. B. I. II. Wien 1784. 8.
- 19) *Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte, von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften.* B. I. Leipzig 1779. 8. B. II. 1782. B. III. 1787. B. IV. 1791. 8.

- 20) *Opuscoli fisico-chimici del Cavaliere Marfilio Landriani.* Milano 1781. 8.
- 21) *Sammlung physik. mathematischer Abhandlungen,* von G. G. Schmidt. B. I. Gießen 1792. 8.
- 22) *Beiträge zur Physik und Chemie;* von H. F. Link. Rostock und Leipzig. St. I. 1795. St. II. 1796. 8.

4) Magazine und Journale.

- 1) *Hamburgisches Magazin, oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Veranügen aus der Naturforschung und den ansehnlichen Wissenschaften überhaupt.* B. I — XXVI. Hamburg 1747 — 1763. 8.
Neues Hamburgisches Magazin. Hamburg 1767. u. f. 8.
- 2) *Observations sur la Physique, sur l'Histoire naturelle et sur les Arts,* par M. l'Abbé Rozier, M. Monges et de la Metherie. T. I. à Paris 1773. — T. XLIII. 179. 4.
- 3) *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire naturelle,* par Jean Claude Lamétherie. T. I. à Paris. An. 20. 4.
- 4) *Bibliotheca fisica di Europa,* di L. Brugnatelli. Pavia. T. I — XX. 8.
- 5) *Giornale fisico-medico — di L. Brugnatelli.* à Pavia. T. I. 1794. 8. (wird fortgesf.).
- 6) *Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte,* herausgegeben von Lichtenberg. B. I — III. Gotha 1781 — 86. Fortgesetzt von Voigt. B. IV. 1786. — B. X. 1796. 8. (wird fortgesetzt).
- 7) *Lor. Crell chemisches Journal.* Th. I. Lemgo 1778. — Th. VI. 1781. 8.
- 8) *Ebendesselben neueste Entdeckungen in der Chemie.* Th. I. Leipzig 1781. — Th. XII. 1784. 8.
- 9) *Ebendesselben chemische Annalen.* Helmst. und Leipzig 1784. 8. (Wird fortgesetzt, und es erscheinen jährlich zwei Bände.)
- 10) *Ebendesselben Beiträge zu den chemischen Annalen.* B. I. Helmst. und Leipzig 1786. 8. — B. V. 1792. (wird fortgesf.).
- 11) *Annales de Chymie, ou Recueil de Mémoires concernant la Chimie et les Arts,* par M. de Morveau, Lavoisier, Monge, Berthollet, de Fourcroy, le Baron de Dieterich, Hassen-

Hassenfratz et Adet. Tome I. à Paris 1799. — T. XVIII. 1793. 8.

12) *Journal der Physik*, herausgegeben von D. Fr. Albr. Carl Gren. B. I. Halle u. Leipz. 1790. — B. VIII. 1794. 8.

13) *Neues Journal der Physik*, herausgegeben von D. J. A. C. Gren. Leipzig. B. I. 1795. — B. III. 1796. (w. f.).

§. 28. Ich theile die Naturlehre in die allgemeine (*Physica generalis*), und in die besondere (*Physica specialis*) ein. Jene beschäftigt sich theils mit dem, was dem Begriffe der Materie nach Principien a priori zum Grunde liegt, theils mit Phänomenen, die von allgemeinen Grundkräften abhängen. Diese hingegen untersucht die Natur einzelner Stoffe, und erklärt die Veränderungen, die sie hervorbringen oder erleiden.

Erster Theil.
Allgemeine Naturlehre.

1970-1971

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 278: 1029-1033.

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

1. *Chlorophyll a* and *Chlorophyll b* were determined by the method of Lichtenthaler (1987). The total chlorophyll content was determined by the method of Arar and Collins (1997). The carotenoid content was determined by the method of Lichtenthaler and Whaley (1987). The total phenolic content was determined by the method of Singleton and Rossi (1965). The total flavonoid content was determined by the method of Zhishen et al. (1999). The total protein content was determined by the method of Lowry et al. (1951). The total lipid content was determined by the method of Bligh and Dyer (1959). The total carbohydrate content was determined by the method of Dubois and Gilles (1950). The total nucleic acid content was determined by the method of Burton (1956). The total mineral content was determined by the method of Ashby et al. (1984). The total organic acid content was determined by the method of Saito et al. (1990). The total amino acid content was determined by the method of Kohn et al. (1990). The total nucleotide content was determined by the method of Burton (1956). The total lipid content was determined by the method of Bligh and Dyer (1959). The total carbohydrate content was determined by the method of Dubois and Gilles (1950). The total nucleic acid content was determined by the method of Burton (1956). The total mineral content was determined by the method of Ashby et al. (1984). The total organic acid content was determined by the method of Saito et al. (1990). The total amino acid content was determined by the method of Kohn et al. (1990). The total nucleotide content was determined by the method of Burton (1956).

Erster Abschnitt. Metaphysische Naturlehre.

§. 29.

Der gesammten Naturlehre liegt der Begriff der *Matérie* zum Grunde. Diese ist zwar nur ein Gegenstand der Empfindung in der äußern Anschauung; oder das eigentlich Empirische der sinnlichen und äußern Anschauung, welches gar nicht a priori gegeben werden kann; in so fern indessen die Naturlehre zur vollständigen Zergliederung des Begriffes von *Materie* sich keiner besondern Erfahrungen, sondern nur dessen, was sie im abgesonderten, obgleich an sich empirischen, Begriffe selbst antrifft, nach Principien a priori, oder in Beziehungen auf die reinen Anschauungen im Raume und in der Zeit, bedient, heißt sie *metaphysische Naturlehre*, die mit Recht den übrigen Theilen der Naturlehre voran gehen muß.

Materie. Grundkräfte derselben.

§. 30. Wir können uns nichts Körperliches anders denken, als daß es ausgedehnt ist, oder daß es in einem Raume enthalten ist, den man nach dreierley auf einander senkrecht stehenden Richtungen abmessen, oder, worin man Länge, Breite und Höhe unterscheiden kann.

§. 31. Die Ausdehnung eines jeden Körpers nach der Richtung der Länge, Breite und Höhe ist durch Flächen begränzt, deren Lage und Stellung einander die Figur des Körpers bestimmt. Jeder Körper hat also eine Figur.

§. 32. Das, was den Raum des Körpers erfüllt, heißt Materie. Einen Raum erfüllen heißt aber, dem Beweglichen widerstehen, das durch seine Bewegung in diesen Raum einzubringen strebt. Dieses Phänomen der Materie nennt man Undurchdringlichkeit.

§. 33. Die Vorstellung des Raumes kann zwar nicht von der Vorstellung des Körpers getrennt werden, daraus folgt aber nicht, daß der Raum eine Eigenschaft der Materie an sich sey; Raum ist vielmehr die Form der äußern sinnlichen Anschauung, oder die Regel, unter welcher die Sinnlichkeit von äußern Objecten afficirt wird.

§. 34. Materie ist das Bewegliche im Raume, und in so fern die Vorstellung des Raumes von der Vorstellung des Körperlichen unzertrennlich ist, kann man die Materie den beweglichen oder empirischen Raum nennen. Der Raum, in welchem alle Bewegung zuletzt gedacht werden muß, (der mithin selbst schlechterdings unbeweglich ist,) heißt der reine, oder absolute Raum, im Gegensatz des vorigen, den man auch den relativen Raum nennt. Der absolute Raum ist an sich nichts, sondern ist eine bloße Idee, die selbst kein Object hat. Ein nicht mit Materie erfüllter

ter Raum, oder ein leerer Raum (Vacuum), hat als solcher nur subjective Gründe, und kann nicht als für sich gegeben oder als ein wirkliches Ding angesehen werden.

„In aller Erfahrung muß etwas empfunden werden, und das ist das Reale der sinnlichen Anschauung; folglich muß auch der Raum, in welchem wir über die Bewegungen Erfahrung anstellen sollen, empfindbar, d. i. durch das, was empfunden werden kann, bezeichnet seyn, und dieser, als der Inbegriff aller Gegenstände der Erfahrung, und selbst ein Object derselben, heißt der empirische Raum. Dieser aber, als materiell, ist selbst beweglich. Ein beweglicher Raum aber, welcher seine Bewegung wahrgenommen werden soll, setzt wiederum einen andern erweiterten materiellen Raum voraus, in welchem er beweglich ist, dieser eben sowohl Raum andern, und so fort ins Unendliche.“ (Kants metaphys. Anf. der Naturw. S. 2. f.). Durch den Begriff von einem absoluten oder reinen, und unbeweglichen Raume erhält indessen der Erfahrungsgebrauch des Verstandes in der Beziehung eines beweglichen Raumes auf einen andern weitern beweglichen Raum Einheit.

§. 35. Die Erfahrung lehrt, daß wir, wenn wir den Raum irgend eines Körpers verengen wollen, Widerstand finden, so groß oder klein er auch seyn mag. Was aber Widerstand leistet, oder was Bewegungen hemmt, muß selbst eine bewegende Kraft seyn (§. 3.). Also erfüllt die Materie ihren Raum nicht durch ihre bloße Existenz, sondern durch eine besondere bewegende Kraft.

§. 36. Eine Kraft, die dem Eindringen einer andern oder der Annäherung widersteht, heißt eine zurückstoßende, oder expansiv Kraft (Vis repulsiva, expansiva). Die Materie erfüllt also ihre Räume durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile, d. i. durch eine ihr eigene Ausdehnungskraft, die einen bestimmten Grad hat, über den kleinere oder größere Grade ins Unendliche gedacht werden können.

§. 37.

§. 37. Weil für gegebene ausdehnende Kraft der Materie eine größere zusammendrückende angenommen werden kann, die jene in einen engeren Raum zwingt, und so ins Unendliche, so folgt, daß die Materie ins Unendliche zusammengedrückt werden kann. Sie würde durchdrungen werden, wenn durch ihre Zusammendrückung der Raum ihrer Ausdehnung völlig aufgehoben würde. Dazu würde eine unendlich zusammendrückende Kraft erfordert werden, welche unmöglich ist; also kann eine Materie von einer andern niemals in diesem Sinne durchdrungen werden.

Diese Durchdringung der Materie vermittelt äußerer zusammendrückender Kräfte könnte die mechanische heißen, im Gegensatz der chemischen, vermittelt der Anziehung, von der unten gehandelt werden wird.

§. 38. Die Undurchdringlichkeit der Materie (§. 32.) beruhet also auf einem physischen Grunde, nämlich auf dem Widerstande, der mit den Graden der Zusammendrückung proportionirlich wächst; denn die ausdehnende Kraft macht die Materie selbst, als ein Ausgedehntes, das seinen Raum erfüllt, erst möglich. Da aber diese Kraft einen Grad hat, der überwältigt werden kann, doch so, daß die gänzliche Durchdringung unmöglich ist (§. 37.), so folgt, daß die Undurchdringlichkeit der Materie nur relativ, nicht absolut ist.

Bei der Voraussetzung der absoluten Undurchdringlichkeit nimmt man an, daß die Materie als Materie schlechters dings und mit absoluter Nothwendigkeit dem Eindringen widersteht, und daß sie keiner Zusammendrückung fähig ist, als in so fern sie leere Räume enthält.

§. 39. Die Möglichkeit der Materie erfordert außer der Expansivkraft eine Anziehungskraft (*Vis attractiva*), die der Ausdehnungskraft entgegengewirkt, als die zweite wesentliche Grundkraft derselben. Die Expansivkraft, als wesentliche bewegende Kraft, kann nämlich nicht durch sich selbst eingeschränkt werden, auch kann die damit begabte Materie nicht durch den Raum allein auf eine gewisse Gränze der Ausdehnung gesetzt werden; also würde die Materie durch bloße repulsive Kräfte sich ins Unendliche zerstreuen, und der Grad einer in alle Räume sich verbreitenden Expansivkraft unendlich klein, d. i. gleich Null seyn; es würde also nirgendwo ein endliches Quantum Materie da seyn, oder jeder angegebene Raum würde vollkommen leer seyn. Also erfordert die reale Möglichkeit der Materie noch eine ursprüngliche innere Anziehungskraft, wodurch die Verbreitung eines jeden bestimmten Quantum Materie auf einen bestimmten Raum begränzt wird.

§. 40. Durch bloße Anziehungskraft, ohne Expansivkraft, ist keine Materie möglich. Denn, wenn eine Materie durch bloße Anziehungskraft existirte, so würde der Raum ihrer Verbreitung ins Unendliche verringert werden, oder ihre Theile würden in einen mathematischen Punct zusammenfließen, und der Raum würde leer, folglich ohne Materie seyn.

§. 41. Die Materie erfülle ihren Raum nur dann mit Beharrlichkeit, wenn die Expansivkraft und die Anziehungskraft ihrer Theile sich einander das Gleichgewicht halten.

§. 42.

§. 42. Der Raum, den die Materie erfüllt, muß als eine stetige Größe (Continuum) angesehen werden. Er ist ins Unendliche mathematisch theilbar, d. h. keiner seiner Theile kann der kleinste genannt werden, oder er besteht, so klein er auch ist, immer wieder aus Räumen, wie sich erweisen läßt.

Man ziehe (Fig. 1.) die Parallellinien AB und CD: auf beide errichte man eg und fh senkrecht, und beschreibe so das Parallelogramm eghf. Wird nun aus g die Linie gf gezogen, so wird das Parallelogramm dadurch in die beiden Dreiecke gef und gfh getheilt. Wenn aus eben diesem Punkte g die Linien gk, gl, gm gezogen werden, so wird das Dreieck gfh dadurch immer in kleinere Theile getheilt. Da es nun ausgemacht ist, daß sich die Linie AB ohne Ende verlängern läßt, und da man ferner aus dem Punkte g gegen alle Punkte der unendlich verlängerten Linie AB eine Linie ziehen kann, ohne daß sie endlich mit CD zusammenfiel, weil diese sonst mit AB nicht parallel wäre, welches der Voraussetzung zuwider ist; so folgt, daß das Dreieck gfh dadurch in unendlich viele Theile getheilt, und daß diese Theilung ohne Ende fortgesetzt werden könne.

Oder (Fig. 2.) man ziehe gegen AB die Linie IC senkrecht, und beschreibe nun mit dem Halbmesser DC den Bogen CK, und mit dem Halbmesser EC den Bogen CL. Der Augenschein lehrt es, daß der Bogen LC der geraden Linie AB näher komme, als der Bogen CK. Der mit dem Halbmesser GC beschriebene Bogen CM kommt ihr noch näher, und der mit dem Halbmesser CH beschriebene noch mehr, und so immer fort, je größer der Radius ist, mit welchem der Bogen beschrieben wird. Der Raum KCB wird dadurch immer mehr getheilt. Weil sich nun die Linie CI nach I zu ohne Ende verlängert annehmen läßt, so lassen sich auch mit dem ohne Ende wachsenden Radius CI durch den Punkt C unendlich viele immer größer werdende Bögen ziehen, die der Linie AB immer näher kommen, ohne daß endlich ein solcher Bogen mit AB zusammenfallen könne, indem er sonst nicht von seiner Tangente, und die krumme Linie nicht von der geraden unterschieben wäre. Der zwischen KCB befindliche Raum wird folchergehalt ohne Ende getheilt werden können.

§. 43. Aber auch die Materie erfüllt ihren Raum als stetige Größe, und ist ins Unendliche theilbar, und zwar in Theile, deren jeder wiederum Materie ist. In einem mit Materie erfüllten Raume enthält nämlich

nämlich jeder Theil desselben repulsive Kraft, allen übrigen nach allen Seiten entgegenzuwirken; folglich ist auch jeder Theil eines durch Materie erfüllten Raumes für sich selbst beweglich, und also trennbar von den übrigen durch Theilung. So weit sich also die mathematische Theilung des Raumes, den die Materie erfüllt, erstreckt; so weit erstreckt sich auch die mögliche physische Theilung der Substanz, die ihn erfüllt, das ist, ins Unendliche.

§. 44. In der Wirklichkeit findet die Theilung der Materie freylich ihre Gränzen; hier ist aber von der möglichen Theilung derselben die Rede, die keine Gränzen hat. Sonst kann die wirkliche Theilung doch bis zum Erstaunen weit getrieben werden, und die Kunst vermag Theilungen vorzunehmen, die nach den Begriffen minder Unterrichteter unglaublich scheinen können.

Beispiele solcher bewundernswürdig großen Theilungen der Materie geben:

1) Die Materie des Lichts. Durch ein kleines Loch in einem Kartenblatt, dicht vors Auge gehalten, übersehen wir eine beträchtliche Menge irdischer Gegenstände. Die Folge aber wird lehren, daß von jedem sichtbaren Punkte Lichtstrahlen ins Auge kommen, deren Grundfläche das Loch ist, durch welches wir sehen, und deren Spitze sich am sichtbaren Punkte findet. Diese Lichtstrahlen müssen unzählbar seyn, weil wir eine unzählbare Menge sichtbarer Punkte wahrnehmen können; und diese Lichtstrahlen müssen bey ihrem Durchgange sich auch nicht unter einander verwirren und aufhalten.

2) Kiehende Ausflüsse. Eine Cubiklinie Lavendelsöl kann die Luft eines Zimmers mit seinem ganzen Geruch ausfüllen, wenn es durch Erwärmung zur Verdunstung gebracht wird. Wenn dies Zimmer 22 Fuß lang, 12 Fuß breit und 10 Fuß hoch wäre, und nun angenommen würde, daß in jeder Cubiklinie Luft dieses Zimmers nur vier riechbare Theilchen des Lavendelsöls wären, so wäre dadurch eine Theilung der Cubiklinie des Öls in 47297,286563 Theilchen bewirkt.

C. Sigaud de la Fond a. a. D. S. 34. Von andern Berechnungen der außerordentlich großen Theilung der Materie bey riechenden Ausflüssen s. Rob. Boyle de mira effluviurum subtilitate c. 2.

3) Die Dehnbarkeit des Goldes. Ein Gran Gold kann von geschickten Goldschlägern nach Reaumur zu 36 $\frac{1}{2}$ Quadratzoll (paris. M.) und darüber ausgedehnt werden. Rechnen wir für jeden Zoll Länge 200 mit den Augen erkennbare Theile, so wird jeder Quadratzoll $200 \cdot 200 = 40000$ Quadrate bekommen, deren jedes $\frac{1}{36}$ eines Zolles zur Seite hat, und mit den Augen zu unterscheiden ist. Nun haben wir aber 36 $\frac{1}{2}$ Quadratzoll, folglich $1,460000$ dergleichen Quadrate. Das Blattgold aber ist auf beyden Seiten sichtbar, und so erhalten wir $2,920000$ mit den Augen erkennbare Theile an einem Grane Gold.

Noch weiter geht die Sichtbarmachung der Theile des Goldes bey der Vergoldung in der Verfertigung des Draths zu den goldenen Treffen. Nach Reaumur wird dazu eine cylindrische Stange Silber von 22 Zoll Länge und 15 Linien im Durchmesser, mit einer Unze Gold vergolbet. Wenn Durchziehen durch immer engere Drathzüge und bey dem Glätten wird dieselbe endlich zu einer Länge von 110 franz. zöllischen Weilen und darüber ausgedehnt, wobei das Gold die ganze Oberfläche bedeckt. Die Unze Gold bildet also hier einen Cylinder von $110 \times 2000 = 220000$ Klafftern $\times 6 = 1,320000$ Fass $\times 12 = 15,840000$ Zoll $\times 12 = 190,080000$ Linien. Nimmt man an, daß in der Länge einer Linie 12 erkennbare Theile, und auf dem Drathe wenigstens 2 Flächen zu unterscheiden sind, so wären hierbey von einer Unze Gold $12 \times 2 \times 190,080000 = 4561,920000$ Theile sichtbar gemacht worden, welches für einen Gran $= \frac{1}{288}$ Unze $9,295666$ erkennbare Theile ausmacht.

Reaumur, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. de Paris*, 1713. S. 203. ff.

4) Die metallischen Niederschläge. Man löse 4 Gran Eisenvitriol in 2 Kannen Regenwasser auf, und tröpfle dazu von der geistigen Galläpfeltinctur, so wird nach dem Umrühren die Flüssigkeit durchaus eine schwarze Farbe annehmen. Die Kanne Wasser ist zu 36 Unzen gerechnet, und die Unze zu 480 Tropfen; wir haben also $2 \times 36 \times 480 = 34560$ Tropfen, die alle schwarz gefärbt sind, und den Eisenniederschlag enthalten. Das Eisen in 4 Gran Eisenvitriol beträgt kaum 1 Gran. Wenn wir nun in jedem Tropfen nur 40 erkennbare Theile annehmen, so wäre hierbey 1 Gran Eisen in $40 \times 34560 = 1,382400$ erkennbare Theile zerfallen worden.

5) Die Pigmente. Ein Gran Kupfer in Salmiakgeist aufgelöst, färbt 392 Cubitzoll (rheinl.) destillirtes oder Regenwasser schön blau, und leidet hierbey nach Wuschbroecks Berechnung eine Vertheilung in $392,500000$ erkennbare Theile.

Die

Die Ausziehung von 1 Gran Cochenille mit etwas Lauge vom Gröschalkali färbt die vorige Menge destillirtes Wasser roth; und erleidet eben so starke Vertheilung.

Muskenbroek introq. ad philos. natur. §. 72. n. 4. 5.

6) Das Gespinnste der Spinnen, Seidenwürmer. *S.*
Rob. Boyle a. a. D. und *Reaumur* a. a. D.

§. 45. Das atomistische System, welches man auch die mechanische Naturphilosophie im Gegensatz der dynamischen, die wir hier zum Grunde legen, nennen kann, nimmt die Undurchdringlichkeit der Materie als absolut an, und läßt die Materie durch ihre Existenz ihre Räume erfüllen, aber nicht als Continuum, sondern als Interruptum, mit leeren Zwischenräumen, (*Vacuum disseminatum*). Es behauptet daher auch eine Gränze der Theilbarkeit der Materie, und nennt die letzten, nicht weiter theilbaren, Theilchen, denen es freylich doch Ausdehnung und Figur zugestehen muß, *Atome*.

§. 46. Wir finden in der Erfahrung bey den verschiedenen Körpern unzählige Verschiedenheiten ihrer Wirksamkeit, und unendliche Mannichfaltigkeit ihrer Eigenschaften. Das atomistische System, das eine völlige Gleichartigkeit der primitiven Materie behauptet, ist genöthigt, die specifische Verschiedenheit der Materie, wovon uns die Erfahrung belehrt, aus der verschiedenen Größe, der verschiedenen Stellung und Figur der Atome und der leeren Räume zu erklären. Nach dem dynamischen System ist eine ursprüngliche Verschiedenheit des Verhältnisses und der Intensität der respectiven Grundkräfte, die das Wesen der Materie ausmachen (§. 39.), möglich, und es läßt

läßt sich folglich in dieser Hinsicht eine wesentliche Ungleichartigkeit der Materie behaupten, und daraus die empirische specifische Verschiedenheit der körperlichen Dinge ableiten.

§. 47. Nach der atomistischen Erklärungsart in der Physik heißt ein Körper vollkommene, oder absolut dicht, wenn er keine leere Zwischenräume hat, sondern seine Atome den Raum des Körpers als stetige Größe erfüllen. Die Wirklichkeit eines solchen Körpers muß aber zu Folge dieses Systems geläugnet werden, weil die Erfahrung uns keinen Körper zeigt, der nicht in einem gewissen Grade zusammengedrückt werden könnte. Nach jenem Begriff von Erfüllung des Raumes stellt man Vergleichen an, und nennt eine Materie dichter als eine andere, die weniger Leeres in sich enthält, und dünner wenn sie mehr Leeres enthält, als eine andere; und es giebt also ein Maximum und Minimum der Dichtigkeit.

§. 48. Da nach dem dynamischen System die Materie stets als Continuum ihren Raum erfüllt, so kann es kein Maximum und Minimum der Dichtigkeit geben. Dichtigkeit heißt hier der Grad der Erfüllung eines bestimmten Raumes durch ursprüngliche Grundkräfte. Hiernach ist eine Materie dichter als eine andere, wenn der Grad ihrer Erfüllung oder die Intensität ihrer Grundkräfte größer, als der andern ist. Jede noch so dünne Materie kann gleichwohl völlig dicht heißen, und sie ist mit einer andern verglichen weniger dicht, wenn sie ihren Raum zwar ganz, aber nicht in gleichem Grade erfüllt.

Es versteht sich, daß hier von derjenigen Porosität der Körper, die von ihrer Configuration und ihrem Gefüge abhängig ist, auch wenn sie nicht sinnlich wahrgenommen werden kann, gar nicht die Rede ist.

§. 49. Die Menge der materiellen Theile, die in einem bestimmten Raume eines Körpers enthalten sind, nennt man die Masse desselben, und die Größe dieses Raumes den Inbegriff oder den Raumesinhalt (Volumen) des Körpers. Er ist dichter, wenn er mehr Masse bey gleichem Raumesinhalt hat, als ein anderer.

§. 50. Nach dem atomistischen System hat ein Körper dann mehr Masse als ein anderer, wenn er bey gleichem Raumesinhalt mehr Atome und weniger leere Zwischenräume enthält, als ein anderer; nach dem dynamischen System ist die Masse eines bestimmten Volums desto größer, je größer der Grad der Erfüllung dieses Raumes (§. 48.) ist.

§. 51. Die Dichtigkeit der Materie ist demnach ein Verhältnißbegriff, und es läßt sich dieselbe nicht an sich bey Einem Körper, sondern es lassen sich nur die Verhältnisse der Dichtigkeit mehrerer Körper angeben. Man muß also die Dichtigkeit eines bestimmten Körpers zur Einheit nehmen, und damit die Dichtigkeit anderer Körper vergleichen, ob sie größer oder geringer ist, als die zur Einheit angenommene Dichtigkeit.

§. 52. Da die Dichtigkeit der Körper bestimmt wird aus dem Verhältnisse des Raumesinhalts zu der Masse des Körpers (§. 49.), so fließen hieraus folgende

genbe Regeln zur Bestimmung der Dichtigkeiten der Körper:

- 1) Körper von gleichem Volumen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten, wie ihre Massen.
- 2) Körper von gleichen Massen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten umgekehrt, wie ihre Volumina.
- 3) Die Dichtigkeiten der Körper überhaupt verhalten sich wie die Quotienten der Massen der Körper durch die Volumina.

Es sind demnach die Dichtigkeiten im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten der Inbegriffe; die Volumina sind im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten der Dichtigkeiten; und die Massen im zusammengesetzten Verhältnisse der Dichtigkeiten und Volumina.

Es seyen nämlich die Volumina zweyer Körper V, v , ihre Massen M, m , und das Verhältniß ihrer Dichtigkeiten sey D, d ; so ist nach 1), wenn $V = v$, $D : d = M : m$; und nach 2), wenn $M = m$, $D : d = v : V$. Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Masse der des ersten $= M$, und dessen Volumen dem des zweyten $= v$ sey, und dessen Dichtigkeit sich zu denen der beyden ersten verhalte, wie $\delta : D$ und $\delta : d$, so ist:

für den ersten und dritten nach 2), $D : \delta = v : V$

für den dritten und zweyten nach 1), $\delta : d = M : m$

folglich für den ersten und zweyten, $D : d = Mv : mV = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$.

Es folgt also hieraus, daß $V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}$; und endlich, daß $M : m = DV : dv$ sey.

§. 55. Wenn aber nun diese Regeln ihre Anwendung in der Wirklichkeit finden sollen, so ist es nöthig, daß wir die Massen der Körper ermessen, oder

aber die Quantitäten ihrer Materie angeben können. Da die Masse der Körper eine intensive Größe ist, so kann sie auch nur durch das Maasß der Wirksamkeit ihrer ursprünglichen Grundkräfte ermessen werden; und dazu fehlt es uns an einem Maasßstabe. Vergeblich behauptet man, daß das Gewicht dieser Maasßstab sey, weil man dabey ohne Beweis annimmt, daß alle specifisch verschiedene Materie gravitire, und zwar bey gleicher Erfüllung ihres Räumesinhalts gleich stark gravitire. — Die atomistische Naturlehre gesteht auch ein, daß es ihr unmöglich ist, durch Zählung der Atome eines Körpers seine Masse zu bestimmen.

In der Mechanik versteht man immer nur Gewichte, wenn von Massen die Rede ist.

Keine Bewegungslehre.

§. 54. Wir betrachten hier das Bewegliche, in so fern es als ein solches bewegende Kraft hat. Wir legen hierbey die Materie bloß beweglich zum Grunde, ohne auf andere eigentliche Eigenschaften einer bestimmten Materie, die wir in der Wirklichkeit antreffen, Rücksicht zu nehmen, und lassen die bewegende Kraft nach willkürlichen Richtungen wirken. Wir abstrahiren also von den bewegenden Kräften der wirklichen Materien unserer Sinnenwelt, wodurch sie nach bestimmten Richtungen sollicitirt werden. Wir sind solchergestalt im Stande, die Gesetze der Bewegung in den einfachsten Fällen zu entwickeln, die uns in der Folge bey den Phänomenen der mit bestimmten

ten Kräften begabten Materien zur Erklärung und Anwendung dienen können.

§. 55. Jeder Körper in der Welt muß einen Raum irgendwo in derselben einnehmen. Denkt man sich von einem gewissen Körper den ganzen Weltraum in Gedanken weg, so ist der Theil dieses absoluten Raums (§. 34.), den er einnimmt, der absolute Ort des Körpers (*Locus absolutus*); sieht man aber dabei zugleich auf andere Körper, welche eine bestimmte Lage gegen ihn haben, so nennt man es den relativen Ort, oder seine Lage, (*Locus relativus*, *Situs*). Da aber der absolute Raum selbst keine Realität, sondern nur subjectiv ist; da ferner keine Ortsbestimmung daria möglich ist, so können wir auch nur den relativen Ort der Körper angeben.

§. 56. Die stätige Veränderung des Orts heißt Bewegung (*Motus*). Diese, ohne Beziehung auf andere Körper, oder die Veränderung des absoluten Orts (§. 55.), heißt absolute Bewegung (*Motus absolutus*); die Veränderung des relativen Orts, oder der Lage gegen andere Körper, heißt relative Bewegung (*Motus relativus*).

§. 57. Benbehaltung des Orts ist Ruhe eines Körpers (*Quies*), die man auch zweifach, als absolute (*Quies absoluta*) und als relative Ruhe (*Quies relativa*) betrachtet. Beide unterscheiden sich wie absolute und relative Bewegungen (§. 55.).

§. 58. Da aber bei der absoluten Bewegung (§. 56.) und bei der absoluten Ruhe (§. 57.) nur
der

der absolute Ort des Körpers in Betracht kommt; hierzu aber kein anderer Körper erfordert wird, als der, welcher den Ort erfüllt; im absoluten Raume aber keine Stelle, folglich keine Ortsveränderung oder keine Beharrung in dem Orte bestimmt werden kann: so kann auch schlechterdings keine absolute Bewegung und keine absolute Ruhe bestimmt werden. Wir können daher auch nur die relative Bewegung und Ruhe der Körper in der Natur bemerken.

§. 59. Die relative Bewegung eines Körpers ist in Rücksicht auf die Veränderung der Lage anderer Körper, entweder eine *eigene* (Motus proprius), oder eine *gemeinschaftliche* (Motus communis). Bei jener verändert ein einziger Körper gegen alle übrigen seine Lage; bei dieser bewegen sich ein oder mehrere andere Körper zugleich mit, verändern aber ihre Lage gegen jenen nicht, oder die bewegten Körper bleiben in relativer Ruhe (§. 57.) gegen einander. Man muß hierbey nicht absolute und gemeinschaftliche Bewegung mit einander verwechseln.

§. 60. Da wir die Bewegung überhaupt nur aus der veränderten Lage der Körper gegen einander beurtheilen, mehrere Körper aber gegen einander in ihrer Lage beharren, oder in relativer Ruhe seyn, und doch eine gemeinschaftliche Bewegung haben können; so sieht man leicht ein, daß man die Bewegung nicht wahrnehmen kann, wenn wir bloß auf die Lage derselben Körper gegen einander Rücksicht nehmen, die eine gemeinschaftliche Bewegung haben. Aber bei Wahrnehmungen der veränderten Lagen der Körper
gegen

gegen einander muß auch bestimmt werden, welcher Körper in Ruhe geblieben und welcher wirklich bewegt worden ist. Dies erhellet nicht immer so geradezu, und es können daher ebenfalls wieder leicht Täuschungen entstehen.

Den der wirklichen (Motus realis) und scheinbaren Bewegung (Motus apparens).

§. 61. Die Materie, die als solche keine innern Bestimmungen und Bestimmungsgründe hat, sondern die bloß als beweglich, ohne alles Vermögen, sich selbst zu bestimmen, gedacht wird, wie wir hier thun, heißt träge (iners). Die Trägheit (Inertia) der Materie bedeutet also nichts anders, als das Unvermögen derselben, ihren Zustand von selbst zu ändern. Sie ist also etwas Negatives; und der Ausdruck: Trägheitskraft (Vis inertiae), ist daher ganz ohne Sinn.

§. 62. Die Trägheit der Materie ist also auch kein Hinderniß ihrer Beweglichkeit, und die Materie kann dadurch, daß sie träge ist, der bewegenden Kraft nicht Widerstand leisten, wenn sie aus Ruhe in Bewegung gesetzt werden soll. Der Satz: daß die Trägheit der Masse proportional sey, ist also ebenfalls ohne Sinn, und aus dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit abgeleitet, nach welchem man sie mit dem Widerstande der wirklichen, durch eine stetige Kraft sollicitirten, Materie verwechselt hat, wenn diese aus Ruhe in Bewegung nach einer andern Richtung, als die ihr schon bewohnende stetige bewegende Kraft hat, gesetzt werden soll.

Auf dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit beruhen auch die Einwürfe, die der sel. Gehler im Supplementbände seines physikalischen Wörterbuches gegen verschiedene meiner Sätze

Sätze gemacht hat. Dieser vortreffliche Gelehrte überfah, daß hier von einer in Abstracto genommenen Materie die Rede sey, die bloß als bewealich, und ohne daß die in der Wirklichkeit damit verbundene stetiae Kraft der Schwere als auf sie wirkend gedacht wird. Eine schwere Kugel, die auf einer horizontalen Tafel ruhet, widersteht allerdings in horizontaler Richtung, aber nicht bewegen, weil sie träge ist, sondern weil sie schwer ist. Die Tafel trägt zwar ihr Gewicht, hebt ja; aber ihre Schwere und den Druck nicht auf, den sie durch ihre Schwere verursacht. Sie widersteht, wenn wir hierbey auch von aller Friction, vom Widerstande der Luft, u. dergl. abstrahiren, vermöge der Kraft der Schwere, weil sie von der verticalen Richtung, in welcher die Schwere sie treibt, und in welcher sie auch ihren Druck ausübt, abgelenkt werden soll. Man bedenke doch nur, daß die Bewegung der schweren Kugel auf der horizontalen Tafel eine wirkliche Centralbewegung ist. Der Widerstand der schweren Kugel in jeder andern Richtung, als die Richtung der Schwere, hebt die andere bewegende Kraft proportionirlich auf, so wie hinwiederum durch diese die Schwere verhältnismäßig aufgehoben wird; kurz, es sind hier nun zwey Kräfte wirksam, die einander entgegengesetzt sind; und, (was man in der That nicht beherzigt hat,) es würde die schwere Kugel bey ihrer Bewegung auf der horizontalen Tafel diese gar nicht mehr drücken, wenn sie darauf mit einer Geschwindigkeit bewegt würde, die der Endgeschwindigkeit ihres Falles durch den halben Halbmesser der Erde gleich wäre, weil alsdann, wie in der Folge gezeigt werden wird, ihre Fliehkraft der Schwere unter dem Acuator gleich wäre. — Den Widerstand, welchen die wirklichen Materien in der Welt vermöge einer wirkenden stetigen Kraft, die sie sollicitirt, leisten, kann man also nicht als Einwurf benutzen, um den Satz zu widerlegen, daß die Trägheit der Materie, im metaphysischen Sinne, keinen Widerstand derselben im Zustande der Ruhe begründet. So verfahren heißt, den Satz der Trägheit (Lex inertiae) durch den Satz der Gegenwirkung (Lex reactionis) umstoßen wollen.

§. 63. Die Materie, als bloßer Gegenstand äußerer Sinne, hat keine andern Bestimmungen, als die der äußern Verhältnisse im Raume, und erleidet also auch keine Veränderungen, als die ihr räumliches Verhältniß betreffen. In Ansehung dieser, als Wechsels der Ruhe mit der Bewegung, oder der Bewegung mit Ruhe, oder der einen Bewegung mit einer andern, muß eine Ursach Statt finden. Diese Ursach
aber

aber kann nicht innerlich seyn, denn die Materie hat keine schlechthin inneren Bestimmungen. Folglich ist alle Veränderung einer Materie auf äußere Ursach gegründet.

§. 64. Hieraus folgt also das Gesetz der Trägheit: Ein jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Ursach genöthigt wird, diesen Zustand zu verlassen.

§. 65. Jeder Körper, welcher sich bewegt, muß nothwendig an einander gränzende Theile des Raumes durchgehen, da er nicht zugleich in allen Theilen des Raumes auf einmal seyn kann. Die Länge dieses Raums, worin sich der Körper bewegt, heißt seine Bahn, oder sein Weg.

§. 66. Wenn sich bey einem Körper alle Theile durchaus auf einerley Weise bewegen, so braucht man auch nur die Bewegung eines einzigen Punctes zu betrachten; und jede Bewegung eines Körpers läßt sich also auch als Bewegung eines einzigen Punctes, folglich die Bahn des bewegten Körpers (§. 65.) als eine Linie ansehen. Die gerade Linie nach der Gegend, nach welcher ein bewegter Punct entweder seinen ganzen Weg hindurch, oder nur an einer einzelnen Stelle desselben, fortgeht, heißt die Richtung (*Directio*) seiner Bewegung.

§. 67. Da ein bloß träger beweglicher Körper, eben weil er träge ist, seinen Zustand nicht von selbst ändern kann, so muß auch bey seiner Bewegung die Bahn,

Bahn, in der er vermöge seiner Trägheit beharrt, immer geradlinig seyn, und seine Richtung muß unverändert seyn. Die Aenderung der Richtung ist Aenderung des Zustandes der Bewegung, worin der Körper nicht von selbst kommen kann; und so oft sie erfolgt, muß eine Ursach wirksam seyn, die sie hervorbringt. Aendert sich nun durch irgend eine Kraft die Richtung des bewegten Körpers alle Augenblicke und an jeder Stelle des Weges, so ist die Bewegung **krümmelinig** (*Motus curvilineus*), und die Richtung wird an jeder Stelle der krümmelinigen Bahn durch die Tangente der krummen Linie an dieser Stelle bestimmt.

§. 68. Der Raum, durch welchen sich die Körper bewegen, heißt auch das **Mittel**, das **Mittel Ding** (*Medium*). Hier nehmen wir ein solches an, das der Bewegung kein Hinderniß entgegensetzt und keinen Widerstand zu leisten vermag. Er heißt alsdann ein freyes oder leeres **Mittel** (*Medium vacuum, liberum*); sonst aber ein **widerstandleistendes** (*Medium resistens*).

§. 69. Jede Bewegung setzt nicht allein einen Raum voraus, worin sie geschieht (§. 65.), sondern auch eine **Zeit**. Wenn (*Fig. 3.*) die Punkte A und B aus einander liegen, und die Linie AB die Bahn eines Punktes vorstellt, so kann der Punct, der sich von A nach B bewegt, nicht in A und B zugleich seyn. Der Augenblick, da er in A ist, ist verschieden von dem, da er in B ist. Dies findet Statt, so klein auch die Entfernung des Punktes A von B ist.

Die

Die Dauer zwischen dem Uebergange des bewegten Punctes bey seiner stetigen Ortsveränderung aus einer Stelle seiner Bahn in die andere ist die Zeit. Auch die kleinste Bewegung erfordert Zeit.

§. 70. Die gleichen Räume nun, die bey einer gleichförmigen Bewegung eines Körpers beschrieben werden, dienen, die Dauer irgend einer andern Bewegung, oder die Zeit zu messen.

So bedienen wir uns im gemeinen Leben der Bewegung der Sonne, sowohl ihrer jährlichen, als ihrer täglichen, oder vielmehr der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Achse, zum Maas der Zeit: und ein Jahr ist die Zeit, worin die Erde ihren Umlaufskreis um die Sonne beschreibt; ein Tag ist die Zeit, worin die Erdfugel eine ganze Umdrehung um ihre Achse vollendet. — Eine Stunde ist die Zeit, worin der Zeiger einer richtig gehenden Uhr umtrennt den ganzen Raum eines Kreises durchläuft; eine Minute ist die Zeit, worin eben dieser den hundert Theil des Kreises beschreibt, u. s. w.

Bey den Astronomen heist wahre Sonnenzeit (*Tempus solare verum*) die, welche vom wirklichen jährlichen Laufe der Sonne gemessen wird; mittlere Sonnenzeit (*Tempus solarium medium, aequale*) die, bey welcher eine mittlere oder gleichförmige Sonne angenommen wird, die ihre Bewegung im Kreise gleichförmig vollendet, und zwar in eben der Zeit, in der die wahre Sonne ihren ungleichförmigen Weg zurücklegt. — Der Sternentag (*Tempus primi mobilis*), der durch die immer gleichförmige Umdrehung der Erde um ihre Achse gemessen wird, gewährt uns ein beständiges, immer gleichförmiges, Zeitmaas.

§. 71. Die Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der Bewegung eines Körpers giebt den Begriff von der Geschwindigkeit (*Celeritas, Velocitas*) desselben. Er ist ein relativer Begriff, und Geschwindigkeit läßt sich nur angeben, wenn man eine gewisse Zeit oder einen gewissen Raum, worin die Bewegung eines Körpers gleichförmig geschieht, zur Einheit annimmt, und damit eine andere Bewegung vergleicht.

Sie

Sie ist also der Raum, welchen ein Körper in einer zur Einheit angenommenen Zeit durchläuft, oder die Zeit, welche ein Körper braucht, um einen zur Einheit angenommenen Raum zu durchlaufen.

§. 72. Wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft, oder wenn seine Geschwindigkeit gleich bleibt, so nennt man seine Bewegung eine **gleichförmige Bewegung** (*Motus aequabilis, uniformis*). Ist aber die Geschwindigkeit des Körpers während der Bewegung nicht immer gleich, oder durchläuft er in gleichen Zeiten ungleiche Räume, so heißt die Bewegung eine **veränderte oder ungleichförmige** (*Motus variatus, inaequabilis*). Dabei nehmen die in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume entweder ab, oder sie nehmen zu. Im erstern Falle heißt die veränderte Bewegung eine **verminderte** (*Motus retardatus*); im letztern eine **beschleunigte** (*Motus acceleratus*). Beide können so seyn, daß die Geschwindigkeit in jedem gleich großen Zeittheile gleich stark oder ungleich stark wächst oder abnimmt; und daß also eine **gleichförmig beschleunigte** (*Motus uniformiter acceleratus*), oder **gleichförmig verminderte** (*Motus uniformiter retardatus*); oder daß eine **ungleichförmig beschleunigte** (*Motus inaequaliter acceleratus*), oder **ungleichförmig verminderte** (*Motus inaequaliter retardatus*) Statt findet.

§. 73. Aus der Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der gleichförmigen Bewegung der Körper fließen dann folgende Sätze:

1. Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich wie die durchlaufenen Räume, wenn die Zeiten gleich sind.
2. Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich verkehrt wie die Zeiten, wenn die zurückgelegten Räume gleich sind.
3. Die Geschwindigkeiten zweyer Körper überhaupt verhalten sich wie die Producte der Räume in die verkehrt gesetzten Zeiten; oder wie die Quotienten der Räume durch die Zeiten.

Es folgt hieraus weiter, daß die zurückgelegten Räume zweyer bewegten Körper im zusammengesetzten geraden Verhältnisse der Zeiten und Geschwindigkeiten sind; und daß endlich die Zeiten in einem Verhältnisse sind, das aus dem geraden der Räume und dem umgekehrten der Zeiten besteht. *Gesetz in Kürze*

Wenn wir zweyer gleichförmig bewegten Körper Geschwindigkeiten C, c , ihre zurückgelegten Räume S, s , und die dazu verwandten Zeiten T, t , nennen, so ist
nach 1), wenn $T = t$, $C : c = S : s$;
nach 2), wenn $S = s$, $C : c = t : T$.

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper an, dessen Geschwindigkeit K heißt, und dessen bey seiner Bewegung zurückgelegter Raum dem des ersten Körpers $= S$, und die dazu verwandte Zeit der des zweyten $= t$ sey, so ist

für den ersten und dritten,

$$(weil S = S), \quad C : K = t : T,$$

und für den dritten und

$$\text{zweyten, (weil } t = t), \quad K : c = S : s,$$

Somit für den ersten und zweyten

$$C : c = St : tT = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}.$$

Es folgt hieraus weiter, daß $S : s = CT : ct$ sey; ferner,

$$\text{daß } T : t = \frac{S}{C} : \frac{s}{c} \text{ sey.}$$

§. 74. Jede veränderte Bewegung (§. 72.)
setzt nach dem Gesetz der Trägheit eine Urfach der Veränderung:

änderten Geschwindigkeit voraus, die im Augenblicke der Veränderung wirksam ist. Da nun jede veränderte Bewegung für jeden untheilbaren Augenblick, oder jeden unendlich kleinen Zeittheil, als eine gleichförmige angesehen werden kann, so können auch für diesen Augenblick Räume, Zeiten und Geschwindigkeiten durch die Gesetze der gleichförmigen Bewegung ausgedrückt werden. Oder man kann sich jede ungleichförmige Bewegung so vorstellen, als wenn sie in unendlich kleinen Zeiten gleichförmig wäre, und in jedem unendlich kleinen Zeittheile ein unendlich kleiner Theil des Raumes mit der unveränderten Geschwindigkeit zurückgelegt würde, welche der bewegte Punkt im Anfange dieses Zeittheilchens hatte. Wenn nun eine unveränderliche und stetige Kraft auf den Körper wirkt, und während seiner ganzen Bewegung zu wirken fortfährt, so muß er in eine gleichförmig beschleunigte Bewegung kommen (§. 72.). Die Geschwindigkeit, mit der er schon bey seiner Trägheit durch den ersten Impuls der Kraft fortgehen würde, muß durch die ununterbrochen fortdauernde Einwirkung der Kraft stetig zunehmen und wachsen, und die Zunahme dieser Geschwindigkeiten muß also in gleichen Zeiten gleich seyn. Hier wächst zwar nun in jedem noch so kleinen Zeittheilchen die Geschwindigkeit nach dem Gesetze der Stetigkeit, und die Geschwindigkeit ist in jedem folgenden Zeitpunkt schon größer, als im vorhergehenden; man kann aber annehmen, daß die Geschwindigkeit durch das ganze Zeittheilchen so groß bliebe, als sie im Anfang desselben war, und daß

daß erst nach Endigung des Zeittheilchens der Zusatz der Geschwindigkeit urplötzlich hinzukame, der eigentlich während des Zeittheilchens allmählig hinzukam. Diese am Ende des Zeittheilchens vom Anfang desselben an erlangte Geschwindigkeit kann man die Endgeschwindigkeit (*Velocitas finalis*) nennen.

§. 75. Die Endgeschwindigkeiten (§. 74.) müssen sich bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie die unendlich kleinen Zeittheile, oder, wie die Zeit vom Anfange der Bewegung an, verhalten, weil der bewegte Körper in einem jeden unendlich kleinen Zeittheile einen neuen Eindruck erhält, der sich mit den bereits empfangenen vereinigt.

Wenn wir die Endgeschwindigkeit v und das Zeittheil e nennen, so ist $v = e$, und $v : V = e : T$

§. 76. Man kann daher diese erlangten Grade der Endgeschwindigkeiten durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, u. s. w. vorstellen; weil sie wie die Zeittheile selbst wachsen.

§. 77. Wenn der Körper mit der Geschwindigkeit, die er bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung in einem endlichen und bestimmten Zeittheile erlangt hat, hernach gleichförmig fortginge, so würde diese Geschwindigkeit ihn in dem zweiten dem ersten ähnlichen Zeittheile durch einen doppelt so großen Raum führen, als die in einem und demselben Zeittheile erhaltene zunehmende Geschwindigkeit. Der Raum wird sich also bei dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten, wie die Zeit mit der Hälfte der Endgeschwindigkeit multiplicirt; und der gleichförmig beschleunigte Körper wird in einer gegebenen Zeit
nur

nur halb so weit gehen, als ihn in eben der Zeit seine dazwischen erlangte Endgeschwindigkeit geführt haben würde.

Wenn der Raum s heißt, so wird $s = \frac{vt}{2}$, und $s : S = \frac{vt}{2} : \frac{VT}{2} = vt : VT$.

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Räume der Bewegung, wie die Geschwindigkeiten (§. 73.). Im gegenwärtigen Falle aber sind die Zeithetheile gleich, folglich werden sich auch die Räume wie die Geschwindigkeiten verhalten. Weil aber nun eine gleichförmige Geschwindigkeit fast doppelt so groß ist, als eine zunehmende, wenn sie in einem Augenblicke erhalten werden, so wird auch der verlaufene Raum doppelt so groß seyn, als der Raum, der in eben der Zeit durch die wachsende Geschwindigkeit zurückgelegt wird.

Diese Gesetze sucht man auch durch Hülfe eines rechtwinkligen Triangels anschaulich zu machen. Es zeige (Fig. 4.) in dem rechtwinkligen Triangel AB die Zeit, und C die in dieser Zeit erlangte Endgeschwindigkeit an. Die Höhe BA sey in Theile getheilt, die wir als unendlich klein und einander gleich annehmen, AD , DE , EF , u. s. f. Da BA die endliche und bestimmte Zeit ausdrückt, so wird jeder in dieser Höhe BA genommene Theil die unendlich kleinen Augenblicke vorstellen. Wenn wir nun aus den Theilungspunkten D , E , F , u. s. f. die Ordinaten Dd , Ee , Ff , u. s. f. ziehen, so wird jede Ordinate die in jedem unendlich kleinen Augenblicke erhaltene Geschwindigkeit vorstellen; und so wie eine durch eine stetige Kraft zunehmende Geschwindigkeit gleichförmig wächst, so wächst auch jede Ordinate gleichförmig, nach eben der Progression, $0, 1, 2, 3, 4$, u. s. f. Wenn Dd den im ersten Augenblicke AD erhaltenen Grad der Geschwindigkeit ausdrückt, so wird Ee den Grad der Geschwindigkeit ausdrücken, der im zweiten Augenblicke DE erhalten worden. Weil aber $Dd : Ee = AD : AE = 1 : 2$, u. s. f., so werden sich also diese Endgeschwindigkeiten wie die Zeithetheile verhalten (§. 75.), und die Endgeschwindigkeiten Dd , Ee , Ff , u. s. f. durch die Reihe der natürlichen Zahlen $1, 2, 3$, u. s. f. vorstellen lassen (§. 76.). Da der Raum dem Producte der Zeit in die Geschwindigkeit gleich ist (§. 73.), so kann der Flächeninhalt des Dreiecks ABC den Raum vorstellen, der in der Zeit AB mit der stetig wachsenden Geschwindigkeit, die am Ende der Zeit durch BC ausgedrückt wird, beschrieben worden ist. Wenn nun die Geschwindigkeit, die am Ende der endlichen Zeit AB durch die Grundlinie BC des Triangels ABC ausgedrückt wird, nicht weiter zunähme, sondern nun der Körper in der zweiten, der ersten AB ähnlichen, Zeit damit gleichförmig fortginge, so würde die Geschwindigkeit dieses zweiten Zeitraums durch die Ordinaten eines Rechts

als BCKL von eben der Grundfläche und Höhe, als der Triangel ABC ist, vorgestellt werden. Da aber dieser Triangel nur die Hälfte des Rechtecks von eben der Grundfläche und Höhe ist, so ist auch die in einem endlichen und bestimmten Zeitraume erlangte Geschwindigkeit, die sich gleichförmig bleibt, doppelt so groß, als eine in demselben Zeitraume erlangte zunehmende Geschwindigkeit.

§. 78. Es folgt hieraus ferner, daß die Räume, welche ein Körper bey dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung in verschiedenen gleich großen Zeittheilen hinter einander zurücklegt, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f. wachsen; oder er wird im zweiten Zeittheile 3mal, im dritten 5mal u. s. w. so vielen Raum zurücklegen, als im ersten Zeittheile.

Der im zweiten Zeittheile DE (Fig. 4.) zurückgelegte Raum = dem Trapezio DaEe ist 3mal so groß, als das Dreieck ADd, und der im dritten Zeittheile EF beschriebene Raum des Trapezii EeFf ist 5mal so groß, als ADd, u. s. f.

Im ersten Zeittheile AD nämlich beschrieb der Körper durch die wachsende Geschwindigkeit den Raum = ADd; die am Ende dieses Zeittheils erhaltene Endgeschwindigkeit Da würde den Körper in dem folgenden gleichgroßen Zeittheile DE durch einen noch einmal so großen Raum DaEx führen (§. 77.), oder der Körper würde bey seiner Trägheit gleichförmig fortgehen; aber die stetige Kraft wirkt während dieses zweiten Zeittheils auf ihn fort, und bringt ihm wiederum so viel neue Geschwindigkeit während dieses zweiten Zeittheils hinzu, als im ersten, so daß er auch noch außer dem Raume DaEx, den er bey seiner Trägheit allein durchlaufen würde, den Raum dxe durchlaufen muß. Er legt also in dem zweiten Zeittheile einen 3mal so großen Raum zurück, als im ersten. Am Ende des zweiten Zeittheils wird der Körper die Endgeschwindigkeit Ee haben, und bey seiner Trägheit darin beharren. Er würde im dritten Zeittheile den Raum EeFo zurücklegen, aber während dieses dritten Zeittheils wirkt die stetige Kraft auf ihn fort, und bringt ihm einen Zusatz von Geschwindigkeit bey, so daß er noch außerdem durch den Raum eof = ADd geht, und also im dritten Zeittheile einen Raum beschreibt, der durch das Trapezium EeFf = 5mal ADd ausgedrückt wird, u. s. f.

§. 79. Es verhalten sich die Räume, welche vom Anfange der gleichförmig beschleunigten Be-

Bewegung an zurechtgelegt werden, wie die Quadrate der Zeiten vom Anfang der Bewegung an, oder wie die Quadrate der erlangten Endgeschwindigkeiten (§. 75.).

Es ist also $t = v^2 = t^2$, und $S : t = V^2 : v^2 = T^2 : t^2$.

Wenn nämlich der Raum im ersten Zeittheile $= 1$ gesetzt wird, so wird er bei dieser beschleunigten Bewegung im zweiten Zeittheile allein $= 3$, im dritten Zeittheile allein $= 5$, u. s. f. seyn (§. 78.); folglich wird er in den zwey ersten Zeittheilen zusammen $1 + 3 = 4$, in den drey ersten Zeittheilen zusammen $1 + 3 + 5 = 9$ ausmachen: 4 und 9 sind aber die Quadratzahlen von 2 und 3, oder von den Zeiten vom Anfang der Bewegung an.

Wenn der nach dem ersten Zeittheile AD (Fig. 4.) beschriebene Raum $= ADd = 1$ ist, so wird der durch gleichförmig beschleunigte Bewegung nach zwey Zeittheilen AD + DE beschriebene Raum $= AEe = 4$ mal ADd, und der nach drey Zeittheilen AD + DE + EF beschriebene Raum $= AFF = 9$ mal ADd seyn, u. s. f. Oder es verhält sich das Dreieck AFe zum Dreieck ADd, wie $AE^2 : AD^2 = Ee^2 : Dd^2$.

§. 80. Die stetige Kraft, welche die beschleunigte Bewegung der Masse hervorbringt, heißt, in so fern sie auf alle Theile der Masse zusammen gleichförmig wirkt, die bewegende Kraft (Vis motrix); die beschleunigende Kraft (Vis acceleratrix) hingegen, in so fern sie auf jeden einzelnen Theil der Masse wirkt. Jene ist also das Product der beschleunigenden Kraft in die Dichtigkeit der Masse, die davon afficirt wird.

Wenn wir also die bewegende Kraft P, die beschleunigende Kraft f, und die Masse M nennen, so ist $P = f \cdot M$, und $P : p = fM : fm$, und eben so ist auch $f = \frac{P}{M}$.

Ferner folgt hieraus, daß das Product der bewegenden Kraft in die Zeit gleich sey dem Producte der Masse in die Geschwindigkeit; oder $PT = MV$, und $PT : pt = MV : mv$; daß die bewegenden Kräfte durch die Quadrate der Zeiten multiplicirt sich verhalten wie die Massen durch die durchlaufenen Räume multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$; und daß die bewegenden Kräfte durch die Räume multiplicirt sich verhalten wie die Massen multiplicirt

multiplirt durch die Quadrate der Geschwindigkeiten, oder $PS = MV^2$, und $PS : ps = MV^2 : mv^2$.

Eben so ist auch $ft = v$, $ft^2 = l$, und $H = v^2$.

§. 81. Eine oder mehrere Kräfte, die nur nach einerley Richtung wirken, können den Körper auch nur nach der geraden Linie bewegen. Die Bewegung, wo ein Körper durch eine Kraft nur nach einerley Richtung getrieben wird, heißt eine einfache Bewegung (Motus simplex), und man sieht leicht ein, daß jede einfache Bewegung stets geradlinig seyn müsse.

§. 82. Kräfte, die auf verschiedene bewegliche Punkte wirken, heißen gleiche Kräfte, wenn sie ihnen gleiche Geschwindigkeit ertheilen.

Hier, wo nur von beweglichen Punkten die Rede ist, wird die Größe der Bewegung nur aus der Geschwindigkeit erwiesen. Von Körpern, die durch eine stetige Kraft zum Widerstande sollicitirt werden, muß die Masse allerdings mit zum Maß der Größe der Bewegung genommen werden.

§. 83. Zwey gleiche Kräfte (82.), die zu gleicher Zeit auf einen beweglichen Punkt nach entgegengesetzten Richtungen wirken, heben sich einander auf, und verursachen keine Bewegung.

Anwendung auf Segners hydraulische Maschine, die in der Folge weiter angezeigt werden wird. Bringt man je zwey Oeffnungen der vier Seitenarme dieser Maschine gegen einander über, so wird sie durch das ausströmende Wasser nicht bewegt.

§. 84. Wenn zwey ungleiche Kräfte zu gleicher Zeit nach entgegengesetzter Richtung auf einen beweglichen Punkt wirken, so erfolgt die Bewegung nach der Richtung der größern Kraft, und zwar mit der Differenz beyder Kräfte. Hier ist die Bewegung ebenfalls nur einfach, denn sie erfolgt nur nach der Richtung einer einzigen Kraft.

Annons

Anwendung auf die vorige Maschine, an der die Oeffnungen von drei Seitenarmen nach einerley, die Oeffnung des vierten Armes nach der entgegengesetzten Richtung gesteckt ist.

§. 85. Wenn die Richtung der bewegenden Kräfte einander nicht entgegengesetzt ist, so müssen sie einen Winkel einschließen. Da nun ein Körper, der von beyden zugleich getrieben wird, weder nach beyden zugleich gehen, noch ruhen kann; so muß er sich nach einer dritten Richtung bewegen. Man sieht leicht ein, daß dies die Diagonallinie des Parallelogramms seyn werde, von welchem beyde Richtungen einen Winkel einschließen, und daß er jene in eben der Zeit durchlaufen würde, welche er gebraucht hätte, wenn er durch jede einzelne Kraft die einzelnen Linien durchlaufen wäre, die den Winkel einschließen.

Setzt, ein beweglicher Punkt werde durch eine Kraft AB (Fig. 5.) nach der Direction AB, und durch eine andere Kraft AC, die mit der vorigen einen Winkel einschließt, nach der Richtung AC zu gleicher Zeit sich zu bewegen getrieben, so kann er nicht nach AB und AC zu gleicher Zeit gehen. Er kann aber auch nicht ruhen; denn dies könnte er nur, wenn AB und AC sich einander directe entgegen gesetzt und gleich wären. Es bleibt kein anderer Weg für ihn, als der mittlere übrig, und dies ist die Diagonallinie AD des Parallelogramms, das auf die Linien AB und AC aufgesetzt werden kann. Setzt, die beyden Kräfte wirken nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander, so wird der bewegliche Punkt erst nach B, und von da durch die Kraft AC = BD nach D geführt werden, und er wird also eben da seyn, wo er auf dem Wege durch die Diagonallinie angelangt seyn würde. Da hier die Bewegungen gleichförmig angenommen werden, so wird er, falls die Kräfte einzeln nach einander wirken, in der Hälfte der Zeit durch $Ab = \frac{1}{2} AB$, und hernach durch $bd = Ac = \frac{1}{2} AC$ geführt werden, und in d, auf der Mitte der Diagonale AD, anlangen. Kurz, er wird am Ende jedes Zeittheils seyn, wenn die Kräfte ihn einzeln führen, auf irgend einen Punkt der Diagonale seyn, und also am Ende der ganzen Zeit die gerade Linie AD beschreiben haben.

§. 86. Die Bewegung des Körpers heißt in diesem Falle eine zusammengesetzte Bewegung (Mo-

aus compositus), und man versteht unter derselben überhaupt eine jede Bewegung eines Körpers, der von zwey oder mehreren Kräften zugleich getrieben wird, deren Richtungen nicht in einerley gerade Linien fallen. Die beyden Kräfte, deren Richtungen einen Winkel einschließen, heißen die äußern Kräfte; die Bewegung durch die Diagonallinie sieht man als durch eine mittlere Kraft hervorgebracht an.

§. 87. Das Gesetz der zusammengesetzten Bewegung heißt diesemnach: Wenn ein beweglicher Punct von zwey Kräften zugleich nach der Lage der Seiten eines Parallelogramms getrieben wird, so durchläuft er die Diagonallinie desselben in eben der Zeit, worin er die einzelnen Seiten durchlaufen würde, welche die Richtungen der beyden Kräfte vorstellen.

Bestätigung durch Versuche mit der Eberhardschen Diagonalmaschine; Anwendung auf ein an beyden Ufern eines Flusses gezogenes Schiff; Anwendung auf den Fall eines Körpers von dem Mastbaum eines Schiffes, das in vollem Segeln ist; u. dergl. Anwendung zur Widerlegung eines Einwurfs gegen die Umdrehung und Bewegung der Erde.

§. 88. Wenn die Länge der beyden Seitenlinien AB, AC (Fig. 5.) die Größe der Kräfte, die zu gleicher Zeit auf den beweglichen Punct wirken, oder ihre Geschwindigkeit, und die Neigung derselben gegen einander ihre Richtung ausdrückt, so drückt die Diagonale AD des Parallelogramms, das auf diese Linien errichtet ist, die Größe der Kraft oder die Geschwindigkeit aus, welche aus den sie zusammensetzenden Kräften und aus ihrer gleichzeitigen Wirkung entspringt.

§. 89.

§. 89. Da die Diagonale eines Parallelogramms nie so groß seyn kann, als die Summe seiner beiden Seiten, so muß auch die durch diese Zusammensetzung entstandene mittlere Kraft (§. 86.) oder Geschwindigkeit kleiner seyn, als die Kraft oder Geschwindigkeit, welche aus den beiden äußern Kräften entstanden wäre, wenn sie unmittelbar hinter einander gewirkt hätten. Der Raum, welchen der Körper bei dieser Art der zusammengesetzten Bewegung durchläuft, ist also nie so groß, als die Summe der beiden Räume der einzelnen Bewegung gewesen seyn würde.

§. 90. Der bei der zusammengesetzten Bewegung durchlaufene Raum ist desto größer, je kleiner der Winkel wird, welchen die Richtungen der eingeknen Kräfte einschließen, oder je mehr sie conspiriren; desto kleiner, je größer dieser Winkel wird, oder je mehr sie divergiren.

Je kleiner nämlich der Winkel CAB (Fig. 5.) der Seitenkräfte wird, desto weniger sind sich diese entgegengesetzt, und desto mehr wird also auch ihre Wirkung conspiriren; und je größer der Winkel wird, desto mehr werden die Seitenkräfte sich einander entgegengesetzt, desto größer wird der Verlust derselben seyn.

Wenn wir GF und GH (Fig. 6.) eben so groß nehmen, als vorher AB und AC (Fig. 5.), aber sie unter einem kleinern Winkel zusammen auf den beweglichen Punct wirken lassen, so wird die Diagonale GD größer werden, als vorher AD (Fig. 5.) war; und wenn eben diese Kräfte HG und HD = GF (Fig. 6.) unter einem größern Winkel zusammen auf den beweglichen Punct wirken, so wird die Diagonale HE, die er durchläuft, kleiner werden, als AD (Fig. 5.).

§. 91. Jede einfache Bewegung (§. 81.) läßt sich ansehen, als ob sie aus zwey Kräften zusammengesetzt wäre, deren Richtungen einen Winkel einschließen,

ßen, und von deren gemeinschaftlichen Wirkungen die durch die einfache Kraft hervorgebrachte Richtung die mittlere wäre, da es erlaubt ist, jede gerade Linie als die Diagonale eines Parallelogramms sich vorzustellen. Es läßt sich also eine jede Kraft in zwei andere gleichwirkende zerlegen.

§. 92. Wenn ein beweglicher Punct durch drei oder mehrere Kräfte getrieben wird, die nach verschiedenen, nicht entgegengesetzten, Richtungen auf ihn wirken, so kann man den Weg finden, den er bei seiner Bewegung nimmt, wenn man erst zwei davon zusammensetzt, die daraus entstandene zusammengesetzte Bewegung als eine einfache betrachtet, und mit der dritten wieder zusammensetzt, u. s. w.

• • • • • Besetzt, ein beweglicher Punct wird (Fig. 7.) durch die Kräfte AB, AC, AD und AE zu gleicher Zeit sollicitirt, so kann man erst AB und AC zusammensetzen, und die gefundenen mittlere Kraft AF als eine gleichwirkende einfache ansehen, diese wieder mit der aus AD und AE zusammengesetzten Ag zusammensetzen; und aus diesen beiden Kräften Af und Ag die Richtung und Größe der Kraft bestimmen, welche alle vorige einfache Kräfte zusammengekommen hervorbrachten, indem man die Diagonale AK des Parallelogramms AfK zieht, wovon die beiden gefundenen Kräfte Af und Ag die Seitenlinien ausmachen.

§. 93. Ein beweglicher Punct bewegt sich gegen eine Fläche gerade, wenn seine Directionslinie auf der Fläche senkrecht steht; wenn hingegen diese mit der Fläche einen schiefen Winkel macht, so heißt man die Bewegung eine schiefe. Der Stoß an eine Kugel geht also gerade (directo), wenn die Directionslinie desselben verlängert durch den Mittelpunct der Kugel geht; in übrigen Fällen geht er schief (oblique).

§. 94. Die Kraft, welche in einer schiefen Direction auf eine Fläche wirkt, kann, wie eine jede einfache Kraft überhaupt (§. 91.), als eine aus zwey andern zusammengesetzte Kraft betrachtet werden, wovon eine auf der Fläche senkrecht steht, die andere aber mit der Fläche parallel fortläuft.

Wenn eine Kraft in der schiefen Direction CD (Fig. 8.) auf die Fläche AB wirkt, so wird sie nicht mit der Intensität darauf wirken, als wenn sie senkrecht auf AB stünde. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) besteht CD aus der Kraft CE und $CA = ED$. CE geht parallel mit AB , hat also darauf keine Wirkung, folglich wirkt nur die Kraft ED nach der Direction ED ; und die Größe dieses wirkenden Theils verhält sich zur unversminderten Kraft, wie $ED : CD$. Je kleiner der Winkel CDA wird, welchen CD mit AB macht, desto kleiner wird die Größe der Wirkung von CD werden; denn desto kleiner wird ED , und umgekehrt.

§. 95. Jede Wirkung der bewegenden Kraft geschieht nur nach der Perpendikellinie, die von ihr auf die Fläche des Beweglichen gezogen werden kann, und bey einer schiefen Richtung wirkt nur ein Theil der Kraft.

Anwendung hiervon auf das Billard, auf die Bewegung eines Schiffes, dem der Wind nicht ganz günstig ist, auf die Bewegung der Flügel einer Windmühle, die schief gegen den Wind stehen.

Es sey (Fig. 9.) eine Kugel AEG im Durchschnitt durch ihren Mittelpunkt c vorgestellt. Sie erleide auf ihrer Peripherie in A einen Stoß nach der Direction AB , so daß AB auch die Größe und Geschwindigkeit der Kraft ausdrücke. Die Kugel wird sich keinesweges in dieser Richtung bewegen, indem AB schief auf der Fläche derselben steht, wie alle Linien, welche nicht nach dem Mittelpunct der Kugel zu gerichtet sind. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) können wir AB zerlegen in AM und AD ; die letztere läuft nach der Richtung der Tangente von A , AD , sie kann also die Kugel nicht in Bewegung setzen und nicht darauf wirken, welches nur von AM geschehen kann, die auf der Kugel senkrecht ist, weil sie nach c , dem Mittelpunct der Kugel, zu gerichtet ist. Die Bewegung der Kugel geschieht also nach M , und immer nach einer Richtung, die auf dem Puncte des Eindrucks der Kraft

Kraft senkrecht ist. Die Kraft AB leidet bey dieser schiefen Richtung ebenfalls einen Verlust; d. h. ihre Wirkung ist nicht so groß, als bey der senkrechten, und die Größe, mit der sie wirkt, verhält sich zu ihrer unverminderten Größe wie $AM : AB$. Sie wirkt nur mit dem Theile der Kraft, der in ihrer Senkrechtheit enthalten ist.

§. 96. Nach den bisher betrachteten Arten der Bewegung, sowohl der einfachen, als der zusammengesetzten, muß der bewegte Punct einen Weg zurücklegen, der eine gerade Linie ist, und diese geradlinige Bewegung (*Motus rectilineus*) bey seiner Trägheit so lange behalten, bis eine andere Ursache ihn daraus versetzt. Wenn also ein Körper eine krummlinige Bewegung (*Motus curvilineus*) hat, so muß wenigstens noch eine Kraft wirksam seyn, die ihn von seiner geradlinigen Bahn ablenkt, und diese Kraft muß stets und in jedem Augenblicke wirksam seyn, sonst würde der Körper nach der Tangente seiner Bahn geradlinig fortgehen.

§. 97. Jede krummlinige Bewegung ist also eine zusammengesetzte Bewegung, und sie erfolgt, wenn ein nach geradliniger Bahn durch eine Kraft getriebenes Bewegliches durch eine andere stetige Kraft nach einem unveränderlichen Puncte abgelenkt wird; der außerhalb der Richtung seiner Bewegung liegt. Da die Richtungen beyder Kräfte einen Winkel einschließen, so kann man sich vorstellen, daß die Bewegung nach der Diagonallinie eines Parallelogramms erfolge; daß diese Diagonallinie aber unendlich klein sey, und daß dieserhalb das Bewegliche in jedem Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonallinie beschreiben müsse, indem die Kraft, die es nach einem
Puncto

Puncte treibt, stetig seyn soll, folglich es in allen Augenblicken von der geradlinigen Bahn ablenkt, die es sich selbst überlassen fortgehen würde.

Beispiel an einer Schleuder.

Es befinde sich ein beweglicher Punct in A (Fig. 10.), und werde durch irgend eine Kraft in der Richtung Aa getrieben, so daß Aa auch die Geschwindigkeit, oder den Raum in der Zeiteinheit angiebt; zu gleicher Zeit werde A durch eine andere Kraft nach C zu sollicitirt, und diese Kraft sey so groß, daß sie A allein, in eben der Zeit, da er Aa zurücklegt, durch Az führen würde. Es ist aus dem Vorsehergehenden klar, daß der Körper A hier die Diagonale AB des auf die Linien Aa und Az aufgesetzten Parallelogramms durchlaufen werde. Wenn er in B angekommen ist, und nun keine andere Kraft weiter auf ihn wirkte, so würde er in einer gleichförmigen Bewegung fortgehen, und in der Zeiteinheit Bb = AB zurücklegen; aber bey seiner Ankunft in B soll die Kraft, die ihn nach C zu sollicitirt, abermalß wirksam werden, und ihn eben so stark nach C zu beschleunigen, als da er in A war, so wird er wieder in dieser zweiten Zeiteinheit die Diagonale BD des Parallelogramms beschreiben, das auf die Seitenlinien Bb und Bb aufgesetzt ist. In der dritten Zeiteinheit würde er sich selbst überlassen durch Dd = BD gleichförmig fortgehen; oder in D treibt ihn eine Kraft wieder nach C mit einer Größe Dy = Aa, und er durchläuft so in dieser dritten Zeit die Diagonale DE des Parallelogramms DdYe, u. s. f.

Der wahre Weg des Punctes A ist also ABDE und weil die Ablenkungen desselben von der geradlinigen Bahn nur in den Stellen A, B, D angenommen worden sind, so wird jener ein Theil des Umfanges von einem Vierecke seyn, wie man finden wird, wenn man sich die Nähe nimmt, den Weg ferner durch genaue Zeichnung aufzusuchen, woben es sich zugleich erzieht, daß die anfänglich wachsenden Diagonalen hernach wieder abnehmen, dann wieder wachsen, und zuletzt wieder abnehmen.

Wenn nun die Kraft Az nicht unterbrochen und bloß in A, B und D, sondern stetig wirkt, und also A in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen von der geraden Linie Aa ablenkt, so beschreibt er alle Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonale AB, oder er hat alle Augenblicke eine andere Richtung; folglich beschreibt er eine gegen C hohle krumme Linie.

§. 98. Am Ende jedes einzelnen Augenblicks befindet sich bey dieser krummlinigen Bewegung das Bewegliche in der Richtung der Tangente, die durch

ben

den Punct gezogen werden kann, in welchem es am Ende dieses Augenblickes ist, und nach der Richtung dieser Tangente sucht es jeden Augenblick zu entfliehen.

Wenn der bewegliche Punct A (Fig. 10.) durch eine Kraft nach der Richtung Aa getrieben, und durch eine andere Kraft Aa von dieser Richtung stetig abgelenkt wird, so wird AB eine krumme Linie, wie in Fig. 11. Ab es ist, die durch die stetige Wirkung der Kraft Aa auf den Körper, der nach AB sich zu bewegen getrieben wird, nach C zu herangebracht wird. Befindet sich nun der Körper in B, so sucht er in der Richtung der Tangente Bb, die auf dem Punct B (Fig. 10.) gezogen werden kann, nach b zu entfliehen; eben so auch, wenn er in D angelangt ist, nach der Richtung der Tangente Dd, u. s. f.

§. 99. Die Kraft, welche das Bewegliche stetig von der Richtung der Tangente zu der durchlaufenen krummen Linie zurückbringt, heißt die **Centripetalkraft** (*Vis centripeta*); die Bewegung selbst heißt auch **Centralbewegung** (*Motus centralis*), und der Punct, nach welchem das Bewegliche stets abgelenkt oder gezogen wird, der **Mittelpunct der Kräfte** (*Centrum virium*).

§. 100. Weil die zusammengesetzte Bewegung eines Puncts durch den Bogen Ab (Fig. 11.) zerlegt werden kann in die Kraft, die den Körper in der Direction AB sollicitirt, welche die Tangente des krummen Elements Ab oder des Puncts A ist, und in die Kraft, die ihn nach der Richtung AC sollicitirt, welche auf dem Elemente Ab oder der Tangente AB perpendicular ist; so nennt man jene Kraft die **Tangentialkraft** (*Vis tangentialis*); diese, die mit der Centripetalkraft einerley ist, die **Normalkraft** (*Vis normalis*). Die Tangentialkraft AB läßt sich, wie jede einfache Kraft, als zusammengesetzt annehmen, als ob sie aus bA und bB bestünde.

Der

Der Theil bB der Tangentialkraft AB , der in der Richtung des Radii BC ist, heißt die **Centrifugalkraft** (*Vis centrifuga*). Dieser Theil ist der Centripetalkraft Aa gleich und entgegengesetzt, und der übrige Theil Ab ist es, welcher macht, daß der Körper in der Bewegung beharrt. Die Wirkung der Centripetalkraft wird durch die Linie Bb ausgedrückt, durch welche der Körper von der Tangente AB weggezogen wird; und diese Linie Bb ist der Raum, welchen der Körper in der gegebenen Zeit, da er den Bogen Ab zurücklegt, durch die Wirkung der Centripetalkraft allein durchlaufen würde, und heißt das **Maaß der Centripetalkraft** (*Mensura vis centripetae*). Diese Centripetalkraft und Centrifugalkraft zusammen nennt man die **Centralkräfte** (*Vires centrales*).

§. 101. Es ist also eine doppelte Kraft nöthig, wenn ein Körper in einer krummen Linie bewegt werden soll, eine Normal- und eine Tangentialkraft, wovon jede, wenn die andere aufhörte, ihre ganze Wirkung verrichten würde. Wenn die Tangentialkraft plötzlich nachließ, so würde der Körper durch die Normalkraft nach dem Mittelpunct der Kräfte C (Fig. 11.) geführt werden; und wenn die Normalkraft auf einmal aufhörte, so würde der Körper in seiner Richtung nach der Tangente fortgehen.

Wegen der so wichtigen Anwendung, die man von der Lehre von den Centralbewegungen und Centralkräften in der Physik machen kann, und ohne welche sich die Lehre von der Bewegung der Himmelskörper schlechterdings nicht gründlich vortragen und erlernen läßt, halte ich es für nöthig, hier etwas mehr davon beizubringen. Man kann es nach Gefallen beim Vortrag überschlagen, oder weiter erläutern.

- 1) Die bey den Centralbewegungen aus dem Mittelpuncte der Kräfte C (Fig. 10.) in den beweglichen Punct auf der krummlinigen Bahn erzeugten Linien CA, CB, CD u. s. w. heißen die Radii vectores; der Raum ACB, BOD, u. s. w. zwischen zweyen Radii vectores AC und CB, CB und CD, u. s. w. und dem Bogen AB, BD, u. s. w., den sie einschließen, und den das Mobile in der gegebenen Zeit durchläuft, der Flächenraum (Area), welchen der bewegliche Punct mit dem Radius vector durchläuft. Diese bey einer Centralbewegung in der krummlinigen Bahn vom beweglichen Puncte mit seinen Radii vectores beschriebenen Flächenräume verhalten sich wie die Zeiten, in denen sie durchlaufen worden sind.

Wenn die Kraft Aa (Fig. 10.), die den Körper A vom der geradlinigen Richtung seiner Tangentialkraft Aa ablenkt, stetig nach C wirkt, so wird die Bahn ABDE krummlinig. Nehmen wir nun zugleich AB, BD und DE unendlich klein, so sind es unendlich kleine Bögen, die wir wieder für gerade Linien halten können. Der Körper in A habe eine determinirte Geschwindigkeit, um in dem Zeitelemente durch Aa zu gehen, er werde aber in eben diesem Zeitelementen gegen den Mittelpunct durch Aa gezogen; er wird dann die Diagonale AB des Parallelogramms AaB₁ in diesem Zeitelementen beschreiben, und in B eine Geschwindigkeit haben, die ihn im folgenden Zeitelemente nach der geraden Linie durch Bb = AB führen würde. Die Centripetalkraft wirkt aber von neuem, und zieht ihn aus B in β durch B β , er durchläuft also eine neue Diagonale BD vom Parallelogramm BbD β , u. s. w. Der Radius vector CA, CB, CD, CE beschreibt in der einfachen Zeit den Flächenraum ACB, in der doppelten Zeit den Flächenraum ACB + BCD. Es ist aber der Flächenraum BCD = ACB, denn die Dreypcke ACB und BCB haben gleiche Grundlinien AB = Bb, und das gemeinschaftliche Perpendikel CB zur Höhe; es ist also ACB = BCB. Da nun ferner die Dreypcke BCB und BCD zwischen einander Parallelen BC und bD liegen, und eine gemeinschaftliche Grundlinie BC haben, so ist auch BCD = BCB; und folglich BCD = ACB. Es ist also der vom Radius vector in der einfachen Zeit beschriebene Flächenraum zu dem in der doppelten Zeit beschriebenen = ACB : ACB + BCD = ACB : 2ACB = 1 : 2.

- 2) Die Geschwindigkeit eines Körpers in jedem Puncte der krummen Bahn ist umgekehrten Verhältnisse der Perpendikellinie aus dem Mittelpuncte der Kräfte auf die Tangente der krummen Linie an diesem Puncte gezogen.

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhält sich die Geschwindigkeit wie die Räume AB, BD, DE, u. s. w. (Fig. 10.), oder wie die Grundlinie der Dreypcke ACB, BCD, u. s. w.; da nun diese Dreypcke gleichen Inhalts sind (1), so verhalten sich die Grundlinien umgekehrt wie die Höhen, oder wie die Perpendikel, aus dem Mittelpunct der Kräfte C auf sie gezogen; folglich verhält sich auch die Geschwindigkeit so.

Zeit

Wollt ferner die Grundlinien derselbigen Dreyede sich verhalten wie die doppelten Flächenräume derselbigen durch jene Perpendikel getheilt, so verhalten sich auch die Geschwindigkeiten gerade wie die Flächenräume, die in gleichen Zeiten durchlaufen sind, und umgekehrt, wie jene Perpendikellinie: oder wenn die Geschwindigkeit c , der Flächenraum a , das Perpendikel p heißt, so ist $c = \frac{a}{p}$.

Wenn die Centralkraft stetig angenommen wird, so verwandelt sich ABDE (Fig. 10.) in eine gegen den Mittelpunkt der Kräfte C hohle krumme Linie, und ABb wird die Tangente des Bogens BD in B. Nehmen wir nun die Zeit unendlich klein, so wird das Element des Bogens Ab (Fig. 11.) mit der geraden Linie AB selbst für einerley gehalten werden können. Der Flächenraum ACh wird dem Zeiten der Bewegung proportional seyn (1), und so werden sich auch die Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten der krummen Linie umgekehrt, wie die Perpendikel aus dem Mittelpunkt der Kräfte auf die Tangente, verhalten, oder sie werden sich verhalten directe, wie die in gleichen Zeiten durchlaufenen Flächenräume, und umgekehrt wie jene Perpendikellinie.

- 3) Bey der **Freibewegung** ist die Geschwindigkeit in allen Punkten gleich, oder die Bewegung eines im Kreise bewegten, und durch eine nach dem Mittelpunkt des Kreises strebende Centralkraft getriebenen Körpers, ist gleichförmig.

Die vom Radius vector beschriebenen Flächenräume sind in gleichen Zeiten gleich groß (1). Dieser Satz gilt für alle Centralbewegungen. Bey der Bewegung im Kreise sind diese Flächenräume Sektoren des Kreises, denen, wenn sie gleich sind, gleiche Bögen des Kreises zugehören. Da bey dem Kreise die Perpendikellinie auf die Tangente aus dem Centro dem Halbmesser oder dem Radius vector gleich ist, die Radii aber in dem Kreise sich alle gleich sind, so wird auch die Geschwindigkeit alleenthalben gleich, folglich die Bewegung gleichförmig seyn.

- 4) Je mehr sich die krummlinige Bahn dem Kreise nähert, desto mehr kommt die Bewegung der Gleichförmigkeit nahe.

- 5) In allen krummlinigen Bahnen ist die Geschwindigkeit in denen dem Mittelpunkt der Kräfte näher liegenden Stellen größer, als in den mehr davon entfernt liegenden Stellen.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus 2.

- 6) Die **Umlaufzeiten** (Tempora periodica) bey der Centralbewegung sind die, welche die Körper brauchen, um die ganze Bahn, worin sie beweget werden, zu vollenden. Sie sind in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem directen der Circumferenz, und den verkehrten der Geschwindigkeiten.

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 73.) angeführten allgemeinen Satz der gleichförmigen Bewegung. Da die Umlaufzeit

Umkreise K, k die Räume sind, welche die Körper zurücklegen, so werden auch hier die Umlaufzeiten $T : t = \frac{K}{C} : \frac{k}{c}$ seyn, wo C, c die Geschwindigkeit bezeichnen.

7) Eben so folgt auch aus diesem Satze und (1), daß sich die ganze Umlaufzeit zu der Zeit, die zum Durchlaufen in einem Bogen verwendet wird, verhält, wie der Flächenraum der Bahn zum Flächenraum des Sectors, den der Bogen mit den radiis vectoribus auf ihn gezogen bildet.

8) Wenn um den Mittelpunct der Kräfte ein Kreis beschrieben wird, dessen Flächenraum dem der Bahn gleich ist, welche der Körper mit ungleichförmiger Bewegung beschreibt, und nun angenommen wird, daß der Körper in diesem Kreise mit einer Geschwindigkeit bewegt werde, die zwischen der größten und kleinsten Geschwindigkeit seiner wirklichen Bewegung die mittlere ist, so wird er diesen Kreis in eben der Zeit beschreiben, worin er seine wirkliche Bahn durchläuft.

Auch dieser Satz folgt aus (1).

9) Die Bewegung in jeder krummen Linie kann folglich auf die Bewegung im Kreise zurückgebracht werden, und die Radii dieses Kreises heißen die mittlern Distanzen (*Distantiae mediae*) des Körpers. Die Umlaufzeiten sind im gegebenen Verhältnisse der mittlern Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und umgekehrt der Geschwindigkeiten.

Wenn wir die mittlern Distanzen D, d , und die Geschwindigkeiten V, v nennen, so sind also die Umlaufzeiten $T : t = \frac{D}{V} : \frac{d}{v}$. Denn da die Umlaufzeiten im geraden Verhältnisse der Umkreise stah (6), die Umkreise aber, wie aus der Geometrie bekannt ist, sich wie die Radii der Kreise, oder wie die Distanzen vom Mittelpunct des Kreises verhalten, so werden sich auch die Umlaufzeiten wie diese verhalten müssen. Die Zeiten aber verhalten sich verkehrt wie die Geschwindigkeiten, wenn die Räume gleich sind.

10) Die Geschwindigkeiten stehen im geraden Verhältnisse der mittlern Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und im umgekehrten der Umlaufzeiten.

Es ist diesemnach $V : v = \frac{D}{T} : \frac{d}{t}$. Der Satz ist eine Folge des vorigen, verglichen mit §. 73.

11) Wenn zwischen der Centripetal- und Tangentialkraft einley Verhältniß stets Statt findet, so wird der Körper, der durch diese Kräfte getrieben wird, in einem Kreise bewegt werden, dessen Mittelpunct nur dem Mittelpunct der Kräfte übereinkommt, und umgekehrt. In jedem andern Fall wird die Bahn vom Kreise verschoben seyn.

Wenn (Fig. 12.) der Körper A um das Centrum der Kräfte C getrieben wird, und zwar mit einer Geschwindigkeit,

digkeit, daß er in der Zeiteinheit, da er nach der Richtung der Tangentialkraft den Raum AB durchlaufen würde, durch die gemeinschaftliche Wirkung der Centripetalkraft den Bogen Ab beschreibt, so wird die Schwingkraft Bb auch das Maas der Centripetalkraft seyn, falls wir dem Bogen Ab unendlich klein nehmen. Er wird also in b wie der eben so weit von C absteigen. In der folgenden Zeiteinheit würde die Tangentialkraft allein ihn bis D geführt haben; er ist aber unterdessen wieder durch die Centripetalkraft durch Dd = Bb abgelenkt worden, und also eben so weit wieder vom Mittelpunct der Kräfte C entfernt. Da nun, wenn wir die Bogen Ab, bd unendlich klein nehmen, die Centrifugalkraft Bb und Dd auch das Maas der Centripetalkraft ist, so wird diese auch immer mit der Schwingkraft im Gleichgewicht seyn, und es wird also der Körper in allen Punkten seiner Bahn gleich weit vom Mittelpunct der Kräfte entfernt bleiben, folglich im Kreise bewegt werden, dessen Mittelpunct auch der Mittelpunct der Kräfte ist.

- 12) Die Centrakraft eines Körpers bey der Bewegung im Kreise ist gleich dem Quadrate des in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogens durch die doppelte Distanz desselben vom Mittelpunct der Kräfte dividirt; oder sie ist gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit dividirt durch diese doppelte Distanz vom Mittelpunct der Kräfte.

Nennen wir die Centrakraft P, den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α , die Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte D, und die Geschwindigkeit V; so ist $P = \frac{V^2}{2D}$, oder $P = \frac{V^2}{2D}$.

Es sey nämlich (Fig. 13.) Ab der in der Zeiteinheit durchlaufene Bogen, und er werde klein genug angenommen, so daß er für eine gerade Linie = AB angesehen werden könne, die seine Tangente ist; dann wird aber auch EB parallel seyn mit EA. Bb ist die Centrifugalkraft. Aus b ziehe man die Perpendikellinie ba auf AE, so wird Aa = Bb, und Bb also auch das Maas der Centripetalkraft abgeben. Es ist aber, EA : AB = AB : Bb; denn die Dreiecke EAB und ABb sind einander ähnlich, weil der Winkel EAB = AbE, und daher auch AbB ein rechter Winkel, die beyde den gemeinschaftlichen Winkel ABb haben; es ist also der dritte Winkel AEB = BAB, und beyde Dreiecke EAB und AbB sind ähnlich. Eben so sind auch die Dreiecke EAb und Aba ähnlich; denn der Winkel Eba ist ein rechter, und gleich Aab, der Winkel EAb ist für beyde Dreiecke gemeinschaftlich, daher ist der dritte Winkel AEb = Aba, und zwey gleichwinklige Dreiecke sind ähnlich. Es verhält sich also auch EA : Ab = Ab : Aa; also $Aa = \frac{Ab^2}{EA}$. Aa drückt aber die Centripetalkraft = P, und Ab den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α aus,

aus; folglich ist $P = \frac{a^2}{EA}$. EA ist der Durchmesser des Kreises = $2AC$ oder der doppelten Entfernung (D) des Beweglichen A vom Mittelpunct C; also ist $P = \frac{a^2}{2D}$.

Da $AE = a$ den Raum ausdrückt, die Räume aber den Geschwindigkeiten proportional sind, wenn die Zeiten gleich sind; so kann für a auch die Geschwindigkeit V substituirt werden, und also wird auch $P = \frac{V^2}{2D}$ seyn.

Aus diesen Formeln folgt denn nun auch für die Kreisbewegung, daß $V = \sqrt{P(2D)}$, und daß $D = \frac{V^2}{2P}$.

- 13) Wenn zwey bewegliche Punkte in Kreisen von verschiedenen Durchmessern gleiche Umlaufzeiten haben, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte wie ihre Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus dem vorigen. Es werde ein Körper A (Fig. 14.) in einer Kreisbewegung um den Mittelpunct C geführt, und beschreibe den Kreis AGFE in eben der Zeit, da a dem kleinern Kreis agfo zurücklegt. Es ist klar, daß A in D seyn wird, wenn a sich in d der Peripherie befindet. Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, daß der Theil BD und bd der auf die Tangenten AB und ab von C gezogenen Linie die Centripetalkraft ausdrückt. Da nun bekanntlich die Bogen AD und ad sich verhalten wie die Halbmesser CA und ca, diese aber die Distanzen des A und a vom Mittelpuncte der Kräfte oder des Kreises ausdrücken, so werden sich auch diese Bogen verhalten wie die Distanzen des A und a vom Mittelpuncte. Die Centrifugalkräfte verhalten sich aber (12), wie die Quadrate der Bogen dividirt durch die doppelte Distanz vom Mittelpunct. Es verhält sich also $BD : bd = \frac{AD^2}{2AC} : \frac{ad^2}{2aC}$. Setzen wir nun den Halbmesser $AC = s$, und den $aC = 1$, so sind auch die Bogen AD und ad wie $2:1$, und wir erhalten folglich $BD : bd = \frac{2^2}{2+2} : \frac{1^2}{1+1} = \frac{4}{4} : \frac{1}{2} = 2:1$, folglich gleich den Distanzen des A und a von C.

- 14) Wenn zwey bewegliche Punkte in gleicher Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte mit ungleicher Geschwindigkeit bewegt werden, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

Dieser Satz fließt wiederum aus (12). Wenn (Fig. 15.) zwey Körper Q und q eine Kreisbewegung haben, dergestalt, daß in der Zeiteinheit Q den Bogen Ab, und q dem Bogen Ad, beyde in gleicher Entfernung AC vom Mittelpunct ihrer Kräfte, beschreiben; so werden sich nach (12) ihre

ihre Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{Ab^2}{2AC} : \frac{Ad^2}{2AC} = Ab^2 :$

Ad^2 . Wenn sich nun die Bogen $Ab : Ad$ verhalten wie $1 : 2$, und die Distanz $AC = 1$ gesetzt wird, so ist die

Centripetalkraft von Q zu der von $q = \frac{1^2}{1+1} : \frac{2^2}{1+1} =$

$1^2 : 2^2$. Da sich nun die Räume verhalten wie die Geschwindigkeiten, wenn die Zeiten gleich sind, so werden

sich auch die Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{V^2}{2AC} : \frac{v^2}{2AC} = V^2 : v^2$, d. h., wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

- 15) Wenn zwei bewegliche Punkte in ungleich großen Kreisen mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden, folglich ungleiche Umlaufzeiten haben, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Mittelpunkte.

Setzt, der Körper A (Fig. 14.) laufe bey der Entfernung $AC = 2$ vom Mittelpunkte der Kräfte C in der Zeit einseit durch den Bogen AD , während der Körper a bey der Entfernung $aC = 1$ vom Mittelpunkte der Kräfte dem Bogen $af = AD$ durchläuft, so wird nach (12) die Centripetalkraft des A zu der von a sich verhalten wie $\frac{AD^2}{2AC} :$

$\frac{af^2}{2aC} = \frac{1}{4} : \frac{1}{2} = 1 : 2$, folglich verkehrt wie die Distanz von C .

Aus diesem Satze folgt dann auch

- 16) daß, wenn die Distanzen zweyer in einer Kreisbewegung befindlicher Punkte vom Mittelpunkte, so wie ihre Umlaufzeiten ungleich sind, ihre Centripetalkräfte sich verhalten wie ihre Entfernungen vom Mittelpunkte dividirt durch das Quadrat ihrer Umlaufzeit.

Wenn z. B. (Fig. 14.) A seine doppelt so große Bahn $AGFE$ in der Zeit $T = 2$ vollendet, da a seinen Kreis afg in der Zeit $t = 1$ vollendet, so wird die Centripetalkraft von A zu der von a seyn $= \frac{AC}{T^2} : \frac{aC}{t^2} = \frac{2}{2^2} : \frac{1}{1^2} = \frac{2}{4} :$

$\frac{1}{1} = \frac{1}{2} : 1 = 1 : 2$; folglich, wie vorher (15.).

- 17) Wenn sich die Quadrate der Umlaufzeiten verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte, so sind die Centralkräfte verkehrt wie die Quadrate der Distanzen.

Wenn wir in der vorigen Formel statt T^2 , t^2 , hier nach der Voraussetzung die proportionalen Quantitäten AC^3 , aC^3 , substituiren, so erhalten wir für die Centralkräfte des A und a das Verhältniß von $\frac{AC}{AC^3} : \frac{aC}{aC^3} =$

$\frac{1}{AC^2} : \frac{1}{aC^2} = aC^2 : AC^2$.

* * *

☉

Die

Die Bestimmung der Centripetalkräfte für andere Arten der Centralbewegung setzt man freilich schon etwas mehr, als die gewöhnlichen Elementarkenntnisse der Geometrie voraus; indessen will ich doch hier einige Resultate dieser Bestimmungsarten geben, um dadurch eben die Nothwendigkeit eines tieferen Studiums der Mathematik in der Naturlehre zu zeigen.

- 12) Wenn ein beweglicher Punkt durch Centralkräfte getrieben irgend eine krumme Linie ABC (Fig. 16.) beschreibt, so nimmte man Rücksicht auf den Bogen Br, der in dem Zeitelemente beschrieben worden ist, auf dessen Tangente TBH aus dem Mittelpunkte der Kräfte F das Perpendikel FT, das die Normallinie heißt, gefällt wird, und durch welchen Bogen man einen Kreis DBC gehend annimmt, der eben die Krümmung als dieser Bogen hat, und der Krümmungskreis (circulus osculator), so wie sein Halbmesser der Krümmungshalbmesser, genannt wird. Es läßt sich nun erweisen, daß, wenn ein beweglicher Punkt irgend eine krumme Linie ABC beschreibt, die in B die Krümmung des Krümmungskreises DBC hat, und der Mittelpunkt der Kräfte außerhalb des Mittelpunktes des Krümmungskreises liegt, die Centrifugalkraft P in einem umgekehrten zusammengesetzten Verhältnisse des Quadrats der Normallinie und des einfachen der Sehne des Krümmungsbogens sey, die durch den Anfang dieses Bogens und den Mittelpunkt der Kräfte geht; oder auch, daß die Centripetalkraft in jeder gegebenen krummen Linie sich verhalte wie der Radius vector dividirt durch den Würfel der Normallinie und den doppelten Krümmungshalbmesser.

Es sey (Fig. 16.) in B ein beweglicher Punkt, der in dem Zeitelemente den unendlich kleinen Bogen Br durchläufe, indem ihn die Centripetalkraft von der Tangente BH um das Raumtheilchen Hr = Bi ablenkt, das er, wenn die Centripetalkraft allein wirkte, in eben der Zeit mit beschleunigter Geschwindigkeit durchlaufen würde. Da Bi = P eine stetige Kraft ist, so steht sie im geraden Verhältnisse des Raums, und im umgekehrten des Quadrats der Zeit, folglich ist $P = \frac{Bi}{t^2}$. Die Zeit t wird aber vorgestellt

durch den Flächenraum zwischen den beiden Radiis vectoribus FB und Fr, und dem Bogen Br, oder durch das Dreieck BFr; da Br mit der Tangente einerley genommen wird, so ist die Höhe des Dreiecks auch FT und die Grundlinie Br. Man erhält den Flächenraum des Dreiecks, wenn man die Grundlinie mit der halben Höhe multiplicirt, oder $\frac{Br \times FT}{2}$. Substituiren wir dafür den doppelten Flächenraum, damit das Verhältniß einerley bleibt, so ist $t = \frac{Br \times FT}{P}$. Da sich nun P verhält wie $\frac{Bi}{t^2}$, so wird auch, weil $t = \frac{Br \times FT}{P}$ ist, .. $P = \frac{Bi}{\frac{Br^2 \times FT^2}{P^2}}$. Es verhält sich also: $Br = Br : BE$, und

daher

Boher ist auch $BE \times Bo = Br^2$; ferner ist $Bo : Bi = BS : BE$, und daher $Bo \times BE = Bi \times BS = Br^2$.
 Setzt man also in der vorigen Formel statt Br^2 diesen

Werth, so erhält man für $P = \frac{Bi \times BS \times FT}{BS \times FT^2}$; oder die Centripetalkraft ist im umgekehrten zusammengesetzten Verhältnisse der Sehne des Krümmungsbogens und des Quadrats der Normallinie.

Da $FB : FT = BE : BS$, so ist auch $BS = \frac{BE \times FT}{FB}$, und daher auch $P = \frac{FB}{BE \times FT}$, oder gleich dem Radius vector FB dividirt durch $BE = 2BN$ oder den doppelten Krümmungshalbmesser und den Würfel der Normallinie FT .

- 19) Wenn die Centralbewegung einen Kegelschnitt beschreibt, so ist die Centralkraft im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom Brennpuncte, als dem Mittelpuncte der Kräfte.

Oder es ist (nach Fig. 16.) $P = \frac{1}{FB^2}$.

Es sey nämlich CBA ein Kegelschnitt, BK der Semiparameter, und BN der Krümmungshalbmesser, so ist dies

für $\frac{BM^3}{BK^2}$, folglich der Durchmesser des Krümmungskreises $BE = \frac{2BM^3}{BK^2}$. Wenn wir dies in der vorigen Formel (18.) für BE substituiren, so ist $P = \frac{FB \times BK^2}{2BM^3 \times FT^2}$.

Nebst dies ist $BM : BK = FB : FT$; daher ist auch $FT = \frac{BK \times FB}{BM}$, folglich ist, wenn dies auf die vorige Formel angewendet wird, $P = \frac{FB \times BK^2 \times BM}{2BM^3 \times \frac{BK \times FB}{BM} \times FB^2}$.

= $\frac{1}{2BK \times FB^2}$, oder, wegen des unveränderlichen $2BK$,
 = $\frac{1}{FB^2}$.

So läßt sich nun auch umgekehrt beweisen, daß, wenn ein Körper durch eine solche Kraft nach dem Mittelpuncte der Kräfte F getrieben wird, seine Bahn ein Kegelschnitt ist.

- 20) Wenn ein Körper in der Ellipse bewegt wird, und der Mittelpunkt der Kräfte der eine Brennpunct der Ellipse ist, so steht die Centralkraft im geraden Verhältnisse der halben Zwergachse, und im umgekehrten zusammengesetzten des doppelten Quadrats der halben zugeordneten Achse und des Quadrats des Radius vector. Der Körper, der in der Ellipse (Fig. 17.) bewegt wird, hat die größte Geschwindigkeit in der Apfide A , die dem Mittelpuncte der Kräfte S näher ist; die kleinste in der entgegengesetzten B . Es wächst also die Geschwindigkeit durch die eine Hälfte der Ellipse, CAD , und nimmt ab, durch die andere, DBC . Die Zeit, welche der Körper

Körper braucht, um von der einen Apfide A zur entgegen-
 gesetzten E zu kommen, ist die Hälfte der Umlaufzeit; die
 Zeit aber, welche der Körper braucht, um von einem Punkte
 seiner Bahn, z. B. von E , nach dem entgegengesetzten e zu
 kommen, ist kürzer, wenn die dem Mittelpunkte der Kräfte
 nähere Apfide in dieser Bahn liegt; länger, wenn der Körper
 durch die obere Apfide geht, z. B. wenn er den Theil
 der Bahn G bis g zurücklegt.

21) Wenn aus dem Brennpunkte der Ellipse, welcher der Mit-
 telpunkt der Kräfte ist, mit einem Halbmesser, welcher der
 halben großen Achse der Ellipse gleich ist, ein Kreis beschrie-
 ben wird, und der bewegliche Punkt in diesem Kreise mit
 der Geschwindigkeit bewegt wird, die er an den Enden der
 kleinen Achse der elliptischen Bahn hat, so sind die Umlaufs-
 zeiten in diesem Kreise und der Ellipse gleich.

22) Wenn aus dem Brennpunkte der Ellipse, welcher der Mit-
 telpunkt der Kräfte ist, mit einem Halbmesser, welcher die
 mittlere Proportionalgröße zwischen beiden halben Achsen der
 Ellipse hat, ein Kreis beschrieben wird, dessen Flächenraum
 also dem der Ellipse gleich ist, und der Körper diesen Kreis
 in eben der Zeit zurücklegt, als die elliptische Bahn, so ist die
 mittlere Geschwindigkeit in der Ellipse der wirklichen Ge-
 schwindigkeit im Kreise gleich. (2.)

Der Zweck verbietet, hier mehrere Resultate beizubrin-
 gen. Das Borgebrachte ist hinreichend, um davon in der
 Folge bey der Lehre von der Bewegung schwerer Körper im
 krummen Bahnen und der Himmelskörper so viel Anwen-
 dung zu machen, als es in einem Lehrbuche der Natur-
 lehre erlaubt ist.

Für das weitere Studium dieser Lehre von der Centrals-
 bewegung und ihrer Anwendung sind zu empfehlen: *Christ.
 Hugenius de vi centrifuga*, in seinen *opuscul. postum.*
T. II. Amstelred. 1728 4. S. 107. ff.; *Newtons* eben an-
 gef. *Princip. philos. natur.*; *Jo. Bernoulli* über *Lau-
 fannas* 1742. IV. Vol. 4.; *S. Gravesande* eben quaeft.
elementa physicae T. I.; *Jo. Keilii* *introductio ad veram
 physicam et ad veram astronomiam*, Lond. 1719. 8.
Io. Boscoovich de *inaequalitatibus*, quas Saturnus et Lu-
 piter sibi mutuo videntur inducere, Romae. 1756. 8.
Leon. Euleri *Mechanica*, Petropol. 1736. II. Vol. 4.;
Maclaurin *exposition des decouvertes de Newton*, à Pa-
 ris 1746. 4.; *La Caille* *Leçons d'astronomie*, à Paris
 1761. 8., und besonders Kästners *Anfangsgründe der hö-
 hern Mechanik*, oder der mathematischen Anfangsgründe
 IV. Th. 1. Abth.

§. 102. Wenn die Materie von einer stetig wir-
 kenden bewegenden Kraft getrieben wird, so wird sie
 dadurch in jeder Richtung, die nicht mit der ursprüng-
 lichen

sehen Richtung dieser Kraft zusammenfällt, widerstehen, und folglich die zu ihrer Bewegung angewandte Kraft vermindern.

§. 103. Wenn also eine Kraft in eine Materie nach einer Richtung wirkt, die nicht mit der Richtung der der Materie bewohnenden stetigen Kraft übereinkommt, so wird sie nothwendig eine Veränderung erleiden, die nach der Größe des Widerstandes in einer völligen Aufhebung ihrer Bewegung (nach §. 83.) oder in einer Verminderung ihrer Beschleunigung (nach §. 84.) bestehen wird. Hinwiederum muß aber auch die Beschleunigung der Kraft, welche der Materie inhärirt, durch die Anwendung der Kraft, die sie nach einer andern Richtung in Bewegung zu setzen strebt, ebenfalls so viel verlieren, als diese letztere beträgt. Bei gleichem Widerstande und gleicher wirkenden Kraft wird diese wechselseitige Verminderung nach Maassgabe der Größe des Winkels Statt finden, welche die Richtung der Kraft, die die Bewegung hervorzubringen strebt, und diejenige mit einander machen, die der Materie ursprünglich inhärirt (nach §. 89.).

Erläuterung durch Gewichte, die an einem Seil über eine Rolle gezogen sind.

§. 104. Diese wechselseitige Verminderung der Kraft und Gegenkraft nennt man **Gegenwirkung** (Reactio), und es ist aus dem Gesagten klar, daß Kraft und Gegenkraft sich immer gleich seyn müssen. Die zur Bewegung der widerstehenden Materie angewandte Kraft kann nämlich nur in so fern ver-

min-

mindert werbeit, in so fern sie Widerstand findet, und sie kann diese mit keiner größern Geschwindigkeit bewegen, als welche nach Ueberwindung des Widerstandes übrig bleibt, nicht mit ihrer ursprünglichen. Es fließt von selbst aus dem Gesetze der Gegenwirkung, daß die Anwendung der Kraft auf einen Gegenstand am größten ist, wenn dieser vollkommen widersteht; daß ohne Widerstand keine Anwendung, d. h., keine Verminderung der Kraft möglich ist, und daß kein Körper in Bewegung gesetzt werden kann, wenn die bewegende Kraft und der Widerstand ursprünglich in ihm selbst sind.

Wenn ein Pferd eine Kraft hat, die 10 Centner Last zu übermächtigen vermagend wäre, und es soll einen Stein, der durch eine ihm inhärente Kraft, nämlich die der Gravitation, nach dem Mittelpuncte der Erde zu sollicitirt wird, und dessen bewegende Kraft einen Druck von 8 Centnern hervorbringt, nach einer auf der Richtung der Gravitation senkrechten, also horizontalen Richtung aus Ruhe in Bewegung versetzen; so wird es dazu weniger als 10 Centner Kraft verwenden können, nicht mehr: seine *actio in corpus* wird unter 10 Centnern seyn, wenn gleich die *actio corporis* 10 Centner wäre.

§. 105. Wenn nun die Materie selbst durch eine stetige Kraft sollicitirt wird, die sie ursprünglich in Bewegung zu versetzen strebt, und die ihr folglich Widerstand ertheilt, so wird bey Betrachtung der Größe der Bewegung solcher Materie nicht bloß die Geschwindigkeit, sondern auch die Masse in Anschlag gebracht werden müssen, auf deren Theile die stetige Kraft gleichförmig wirkt. Wenn nämlich jeder Theil der Materie von der stetigen Kraft afficirt wird, so wird bey gleicher Beschleunigung dieser Kraft der Widerstand um desto größer seyn, je größer die

Quan-

Quantität der Substanz, d. h., je größer die Masse ist, die von dieser Kraft afficirt wird. Denn doppelt so viel widerstehende Materie enthält doppelt so viel Kraft zum Widerstande, und wird also auch zur gleichen Veränderung ihres Zustandes eine doppelt so große Kraft erfordern, als die einfache Masse.

§. 106. Widerstehende Masse ist also die Quantität des Beweglichen eines bestimmten Raums, das durch eine ihm bewohnende stetige Kraft zu einer Bewegung sollicitirt wird, und daher in jeder andern Richtung, die ihm mitgetheilt werden soll, und welche von der Richtung der ihm bewohnenden Kraft verschieden ist, widersteht. Das Product aus der inhärirenden beschleunigenden Kraft in die Quantität des Beweglichen heißt die bewegende Kraft, wie schon oben (§. 80.) angeführt worden ist.

§. 107. Wenn zwey Körper von gleicher widerstehender Masse nach einerley Richtung *) bewegt werden sollen, so erfordern sie natürlicher Weise einerley Maaß der Kraft, um sich mit einerley Geschwindigkeit zu bewegen; ungleiche widerstehende Massen erfordern ohne Zweifel ein ungleiches Maaß der Kraft, um gleiche Geschwindigkeit dadurch zu erhalten; so setzt auch wohl ungleiche Geschwindigkeit gleicher widerstehenden Massen ein ungleiches Maaß der Kraft voraus. Eben so leisten auch bewegte Körper von gleichen widerstehenden Massen und ungleicher Geschwindigkeit, oder auch von gleicher Geschwindigkeit und ungleichen Massen, ungleichen Widerstand.

*) Ich sage, wenn die Bewegung nach einerley Richtung geschehen soll. Denn eine verschiedene Richtung wird mit ders

derjenigen Richtung, in welcher die der widerstehenden Masse bewohnende ursprüngliche Kraft diese sollicitirt, einen verschiedenen Winkel machen, und daher wird, wie aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (§. 90.) bekannt ist, die Anwendung der Kraft verschiedentlich groß seyn müssen, wenn bey gleichen Massen die Geschwindigkeit gleich seyn soll.

§. 108. Die Größe der Bewegung (Quantitas motus) der Körper von widerstehender Masse hängt solchergestalt von ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit ab, und sie muß aus beyden ermessen werden. Es folgt aus dem Vorigen:

- 1) Die Größe der Bewegung zweyer Körper verhält sich wie die Massen derselben, wenn die Geschwindigkeit gleich ist.
- 2) Die Größe der Bewegung verhält sich wie die Geschwindigkeiten, wenn die Massen gleich sind.
- 3) Ueberhaupt verhält sich die Größe der Bewegung wie die Producte der Masse in die Geschwindigkeit.
- 4) Die Größen zweyer Bewegungen sind einander gleich, wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten.

Wenn wir die Größen der Bewegung zweyer Körper Q, q ihre respectiven Geschwindigkeiten C, c , und ihre widerstehenden Massen M, m nennen, so ist

nach 1), wenn $C = c$, $Q : q = M : m$,

nach 2), wenn $M = m$, $Q : q = C : c$.

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Geschwindigkeit $= C$, dessen Masse $= m$, und dessen Größe der Bewegung z heißt, so ist

für den ersten und dritten nach 1), $Q : z = M : m$,

für den dritten u. zweyten nach 2), $z : q = C : c$,

folglich für den ersten und zweyten $Q : q = MC : mc$.

Berner ist $Q = q$, wenn $C : m = c : M$.

Zweytes Hauptstück.

Von

den Grundstoffen und Formen der Körper, und ihrer Cohärenz.

Grundstoffe der Körper.

§. 109.

Wir nennen die Masse eines Körpers gleichartig, wenn alle durch Zerstückung oder durch physische Theilung desselben darzustellende Theile einerley Natur mit dem Ganzen haben, wovon sie genommen sind, und sich also nur in der Größe von ihm unterscheiden; widerigen Falls heißt sie ungleichartig.

Beispiel von gleichartiger Masse am Wasser, von ungleichartiger am Granit.

§. 110. Aber die Erfahrung lehrt, daß auch solche Körper, deren Masse sich durchaus gleichartig zeigt, aus allerley ungleichartigen Theilen in mannichfaltigen Verhältnissen zusammengesetzt sind, die wir durch Hülfe der Kunst von einander trennen können.

§. 111. Diese Trennung einer gleichartig erscheinenden Masse in ungleichartige Theile (Partes dissimilares) heißt die chemische Theilung, und wir unterscheiden sie von der physischen oder mechanischen, die uns gleichartige Theile (Partes similes) liefert.

§. 112.

wären, denn vielleicht erreichen weder unsere Sinne, noch unsere Werkzeuge je die an sich unzerlegbaren oder wahren Elemente.

§. 118. Die bey den mannichfaltigen Zergliederungen der verschiedentlichen Körper und Materien, mit welchen man Erfahrungen hat anstellen können, angetroffenen, specifisch verschiedenen, unzerlegten, also für uns einfachen, Stoffe, deren wechselseitige Verhältnisse und Eigenschaften der Gegenstand unserer Untersuchungen in der besondern Naturlehre seyn werden, sind folgende:

- 1) Lichtstoff (Brennstoff).
- 2) Wärmestoff (Calorique).
- 3) Sauerstoff (Oxygène).
- 4) Wasserstoff (Hydrogène).
- 5) Stickstoff (Azote).
- 6) Kohlenstoff (Carbone).
- 7) Schwefel (Soufre).
- 8) Phosphor (Phosphore).
- 9) Radical der Salzsäure (Radical muriatique).
- 10) — der Flußsäure (Radical fluorique).
- 11) — der Boraxsäure (Radical boracique).
- 12) Gold (Or).
- 13) Platin (Platine).
- 14) Silber (Argent).
- 15) Quecksilber (Mercure).
- 16) Blei (Plomb).
- 17) Kupfer (Cuivre).
- 18) Eisen (Fer).
- 19) Zinn (Etain).

Grundstoff. u. Form. d. Körper u. ihrer Cohär. 77

- 20) Zink (Zinc).
 - 21) Wismuth (Bismuth).
 - 22) Spiesglas (Antimoine).
 - 23) Nickel (Nickel).
 - 24) Kobalt (Cobalt).
 - 25) Arsenik (Arsenic).
 - 26) Magnesium (Manganèse).
 - 27) Molybdän (Molybdène).
 - 28) Wolfram (Tungstène).
 - 29) Uran.
 - 30) Titan.
-
- 31) Kieflerde (Silice).
 - 32) Kalkerde (Chaux).
 - 33) Talkerde (Magnésie).
 - 34) Schwererde (Baryte).
 - 35) Strontionerde.
 - 36) Thonerde (Alumine).
 - 37) Zirkonerde (Circonie).
 - 38) Australerde.

Von den Elementen der Peripatetiker: Feuer, Luft, Erde und Wasser.

§. 119. Einige dieser Grundstoffe sind für sich nicht, sondern nur in ihren Zusammensetzungen mit andern, darstellbar. Der Grund davon liegt wohl ohne Zweifel in ihrem großen Bestreben zur Vereinigung mit andern Stoffen, und in der Gelegenheit, diese immer bei ihrer Scheidung anzutreffen.

§. 120. Nicht immer beruht die specifische Verschiedenheit der Körper und Materien, die wir bis jetzt kennen, auf der Verschiedenheit ihrer Bestandtheile,

theile, sondern sehr oft auf dem verschiedenen Verhältnisse, in welchem diese unter einander verbunden sind.

§. 121. Der Grund der wesentlichen und specifischen Verschiedenheit der Grundstoffe unserer Sinnenwelt muß wohl in der Verschiedenheit der Intensität der ursprünglichen Grundkräfte, die das Wesen der Materie ausmachen (§. 46.), gesucht werden, vermöge welcher der Grad der Wirksamkeit und der Wechselwirkung der specifisch. verschiedenen Materien ungleich ist.

Formen der Materien.

§. 122. Von dem wechselseitigen Einflusse dieser ursprünglichen Grundkräfte der Anziehung und der Repulsion, und ihrer respectiven Intensität in den verschiedentlichen einfachen und zusammengesetzten Stoffen hängt besonders die Form der Aggregation ab, die wir an den mannichfaltigen und verschiedenen Materien wahrnehmen, und weshalb wir drey Arten von Körpern unterscheiden: 1) feste Körper (Corpora solida); 2) liquide oder torpbar: flüssige Körper (Corpora liquida); und 3) expansible oder elastisch: flüssige Körper (Corpora expansibilia, Fluida elastica). Die beyden letztern begreift man unter dem Nahmen flüssige Körper (Corpora fluida) zusammen.

§. 123. Feste Körper (§. 122.) sind solche, welche vermöge der größern Intensität der in ihren Grundmassen wirksamen Anziehungs- oder Cohäsionskraft einen merklichen und beträchtlichen Widerstand bey

bei der Verschiebung ihrer Theile an einander leisten. Aber die Stärke des Zusammenhanges der Theile und der Flächen der Grundmassen ist von mannichfaltigen Abstufungen bei den verschiedenen festen Körpern, und es gründen sich darauf besondere Unterabtheilungen derselben, die aber so wenig durch bestimmte Gränzlinien von einander abgefordert sind, daß die verschiedenen Arten, die dadurch unterschieden werden sollen, vielmehr ganz unmerklich in einander übergehen.

§. 124. So unterscheiden wir harte oder starre Körper (*Corpora dura, rigida*) von weichen (*Corpora mollia*) durch die Verschiedenheit der Größe des Widerstandes bei der Verschiebung und Trennung der Theile. Wir finden hier unzählige Abstufungen, und es läßt sich keine bestimmte Gränzlinie zwischen beiden ziehen.

§. 125. Solche feste Körper, deren Theile sich durch eine äußere Gewalt merklich verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang dadurch ganz zu verlieren, heißen zähe, dehnbare, streckbare (*ductilia*); sie sind hingegen spröde (*fragilia*), wenn die Theile nicht an einander verschoben werden können, ohne zu reißen, oder ihren Zusammenhang zu verlieren. Auch von diesen Arten des Zusammenhanges laufen die Gränzen derselben wieder sehr in einander.

§. 126. Von dieser Kraft der Anziehung oder Cohäsion rührt auch die Federkraft oder Springkraft, die man besser *Contractilität* nennen sollte, her, vermöge welcher die Theile fester Körper bei ihrer mehrern Entfernung von einander durch eine an-
dere

dere Kraft mit Nachlassung derselben ihre vorige Mächtigkeit wieder anzunehmen trachten. Ich unterscheide sie von der Elasticität, die ihr gerade entgegengesetzt, und deren Ursach wesentlich davon verschieden ist. Das Unzureichende in der bisherigen Erklärung beyder Phänomene rührt eben daher, daß man so verschiedene Wirkungen einerley Grundursachen zuschrieb. Da, wo man bisher bey feberharten Körpern eine Wiederausdehnung nach einer vorherigen Zusammendrückung annahm, findet wirklich nichts anders als Zusammenziehung nach einer vorhergegangenen Dehnung Statt.

Beyspiele geben elastisches Harz, eine gespannte Saite, Stahlfedern, u. dergl.

Eine Stahlfeder hat Federkraft, weil sie sich, wenn sie gebeugt, und folchergehalt bey ihrer Krümmung in einen größern Raum ausdehnt wird, wieder zusammenzieht, wenn die spannende Kraft nachläßt. Ein stählerner Ring hat aus gleichen Ursachen Federkraft, und er äußert sie nicht durch Expansion, sondern durch Contraction. Wird er nämlich von beyden Seiten zusammengedrückt, und dadurch an seinen Krümmungen gebeugt, so ziehen sich diese wieder zusammen, so bald die dehnende Kraft nachläßt, die freylich, um die Krümmungen zu dehnen, den Ring an andern Stellen zusammendrücken mußte. Hiervon läßt sich nun auf die Federkraft einer Kugel von Elfenbein u. dergl. der Schluß leicht machen, bey denen es leichter scheinen könnte, als ob sie eine expansible Elasticität besäßen, da der Grund der Erscheinung doch auch nur, wie bey der Stahlfeder, in der Wiederausammenziehung gebogener Theile liegt. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel an einem Faden auf eine mit Fett dünn bestrichene polirte Steinplatte fallen, so schnell sie sich freylich zurück, sie drückt auf dem Fette einen sichtbaren Fleck ein, und zeigt also dadurch eine wahre Zusammendrückung, die sie durch die Gewalt des Falles an der berührten Stelle erlitt. Aber man erinnere sich nur an den Ring, und man wird einsehen, daß die Theile der elfenbeinernen Kugel am Rande der plattgedrückten Stelle gespannt wurden, folglich sich wieder zusammenzogen, wie der Druck nachließ, und daß sie dadurch die eingedrückte Stelle erhoben.

Durch diese Reaction wird es also möglich, daß die Kraft der Cohärenz Bewegung hervorbringen, oder zu einer bewegenden Kraft werden kann.

Grundstoff. u. Form. d. Kdrp. u. ihrer Cohäs. 81

§. 127. Die Federkraft oder Contractilität zeigt sich, so wie die übrigen Arten der Cohäsion, bey den mancherley Körpern, in einem sehr verschiedenen Grade. Aber es ist wohl kein fester Körper, dem die Federkraft gänzlich mangelte. Uebrigens lehrt die Art und Weise, wie sich dieses Vermögen zeigt (§. 126.), daß zu der Aeußerung desselben Dehnbarkeit im gewissen Grade gehöre, ohne welche sonst die gespannten Theile in ihrem Zusammenhange ganz aufgehoben werden und reißen würden. Daher läßt es sich erklären, warum die Federkraft verschiedener Körper durch lange anhaltende Spannung oder Dehnung merklich schwächer wird, und warum sie zunimmt, wenn die Stärke des Zusammenhanges durch Vermehrung der Dichtigkeit wächst.

Beispiele vom Wachstume der Federkraft durch Zunahme der Dichtigkeit geben die gehämmerten Metalle, das Härten des Stahls, die Bologneserflaichen, die Glaskropfen.

§. 128. Die Grade der Festigkeit der verschiedenen festen Körper stehen nicht im Verhältnisse mit der Dichtigkeit derselben, so weit wir diese durchs Gewicht ermessen können. So ist z. B. Gold und Blei dichter als Eisen und Kupfer, aber doch lange nicht so fest, als diese. Um diese Grade der Festigkeit bey verschiedenen festen Körpern zu messen, hat man sich der Gewichte bedient, welche zum Zerreißen derselben, bey einer bestimmten Dicke und Länge, nothwendig sind. *Muschenbroef* hat insbesondere sehr viele Versuche über die Kraft angestellt, welche zum Zerreißen mehrerer Körper erfordert wird. Er hat aber dabey keine besondere Rücksicht auf die Länge der Körper ge-

nommen, und daher geben auch Sickingens Versuche andere Resultate. Ueber die Stärke verschiedener Holzarten haben wir auch von Buffon, und über die der metallischen Gemische von Hrn. Achard zahlreiche Versuche erhalten. So nützlich aber auch alle diese Versuche fürs gemeine Leben seyn können, so wenig läßt sich doch daraus auf die Größe der Wirkung der Cohärenz schließen, weil hierben, wie schon Hr. Kant *) erinnert hat, die Verschiebbarkeit der Theile gar nicht in Anschlag gebracht worden ist, die doch einen so beträchtlichen Einfluß hat. So wird z. B. ein Stab von weichem Wachs sich durch ein angehängtes Gewicht erst dünner ziehen lassen, ehe er reißt, und alsdann in einer weit kleinern Fläche reißen, als man anfänglich annahm. So ist es mit allen dehnbaren Körpern, und diese größere Dehnbarkeit ist vielleicht der Grund, warum z. B. das dichtere Blei bei gleicher Dicke eher reißt, als Kupfer, u. s. w. Hierzu kommt denn noch Verschiedenheit des Gefüges, das dicht, blätterig, körnig, u. s. w. seyn kann.

Petr. v. Muschenbroek introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in seinen Disseruat. physc. experimental. L. B. 1729. 4 S. 423. ff.; und noch weitausläufiger, De cohaerentia et firmitate, in seiner introduct. ad philosoph. naturalem, Vol. I. S. 390. ff.

Er stellte Versuche an mit reinen Metallen, mit legirten Metallen, mit Stricken, mit Hölzern, mit Luchern, mit Fellen, mit Saiten, mit Knochen und mit Gläsern. — Ich will aus der großen Zahl seiner Versuche nur die Resultate der mit reinen Metallen angestellten hier mittheilen. Er ließ davon Parallelepipedä, oder viereckige Stangen gießen, deren Querschnitte $\frac{1}{16}$ rheinländische Zoll ins Gevierte betrug, diese mit dem einen, dazu eingerichteten, Ende senkrecht aufhängen und befestigen, und an das andere Ende eine mit Ketten versehene Waagschaale mit Gewichten aufhängen, die er so lange vermehrte, bis die

Grundstoff. u. Form. d. Körp. u. ihrer Cohäs. 83

die Stange zerriß. Er hat hierbei zugleich das eigenthümliche Gewicht der angewandten Metalle bemerkt.

Gold	zerriß von	578 Pf.	eigenthüml. Gew.	19,238
Kapellensilber	— —	1156 —	—	11,091
Kupfer	— —	638 —	—	8,181
Japanisches Kupfer	— —	573 —	—	8,726
Deutsches Eisen	— —	1930 —	—	7,807
Englisches Zi. n.	— —	150 —	—	7,895
Eine andere Sorte	— —	188 —	—	—
Bahcayum	— —	104 —	—	7,216
Malaccayum	— —	91 —	—	6,125
Engl. Blei	— —	25 —	—	11,333
Spiessglasmetall	— —	30 —	—	4,500
Zink von Goslar	— —	76 + 83	—	7,215
Wismuth	— —	85 + 92	—	9,850

Wenn hierbei nur auf gleiche Dicke Rücksicht genommen wird, so würde sich die Festigkeit der angeführten respectiven Metalle verhalten, wie die zu ihrem Zerreißen angewandten Gewichte, und das Eisen z. B. wäre $\frac{1930}{25}$ oder 772 mal fester als Blei, u. s. w.

Nach dem Gusse geschlagene Metalle wurden fester; doch hatte das feine Gränzen, und sie wurden bey zu lange fortgesetztem Hämmern wieder weniger fest.

Folgendes sind die Resultate einiger seiner Versuche mit Holz, wovon er auch Parallelepipedea machen ließ, deren Querschnitte $\frac{1}{3}$ ins Gevierte betrugen:

Bäckenholz	zerriß von	1250 Pf.
Eichenholz	— —	1150 —
Eichenholz	— —	1150 —
Lindenholz	— —	1000 —
Erlenholz	— —	1000 —
Ulmenholz	— —	900 —
Tannenholz	— —	600 —
Fichtenholz	— —	550 —

Wehr ins Große geben Bässons Versuche mit Holz (*Expériences sur la force des bois*; in den *Mem. de l'acad. roy. des sc.* 1740. S. 153; und 1741. S. 192.)

Des Hrn. Grafen von Sickingen Versuche mit Metallen (Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) geben andere Resultate, als die Muschenbroeck'schen, indem er auch auf gleiche Längen Rücksicht nahm. Er ließ aus einigen Metallen Dräthe machen 0,3 Lin. (paris.) im Durchmesser, und 2 Fuß Länge, und es zerriß

Gold	von 16 Pf.	6 Unz.	— 437 Gr. (franz. Gew.)
Silber	— 20 —	11 —	1 Q. 437 —
Platina	— 28 —	7 —	3 — —
Kupfer	— 33 —	7 —	— 64 —
Eisen	— 60 —	12 —	— 3 —

Hiernach folat also die Festigkeit der angeführten Metalle so auf einander, wie sie selbst hier nach einander zerbrach; da hingegen nach Muschenbroeck sie so folgen würden: Kupfer, Gold, Silber, Eisen.

Traité sur les propriétés des alliages métalliques par Mr. Achard. à Berlin 1788. 4.

Kurze Abhandlung über die Theorie der Festigkeit der Materialien von Gottl. Ludwig von Pöllnig. Leipz. 1795. 8.

**) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. S. 91.*

§. 129. **Flüssige Körper** (§. 122.) sind solche, deren Theile von jeder noch so kleinen bewegenden Kraft an einander verschoben werden können. Wir müssen zwey wesentlich verschiedene Gattungen flüssiger Körper unterscheiden, nämlich *liquide* und *expansible*.

§. 130. **Liquide oder tropfbar-flüssige Körper** (§. 121.) zeigen sich unsern Sinnen als ein zusammenhängendes Aggregat, und nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Massen eine sphärische Gestalt an, oder bilden Tropfen, so bald die wechselseitige Anziehung ihrer Theile nicht durch andere Körper gestört wird. Sie besitzen allerdings einen gewissen Grad von Compressibilität, und äußern bey der Zusammendrückung *expansive Elasticität*, wir dies Versuche am Wasser gelehrt haben.

Ueber die Elasticität des Wassers, theoretisch und historisch entwickelt von J. H. W. Zimmermann. Leipz. 1779. 8.

§. 131. **Expansible oder eigentlich-elastische Flüssigkeiten** (§. 122.) zeigen ganz und gar keinen den Sinnen bemerkbaren Zusammenhang ihrer Theile, und die anziehende Kraft ihrer Theile ist durch die stärker wirkende abstoßende Kraft derselben ganz aufgehoben. Sie müßten vermöge dieser überwiegenden expansiven Kraft nach allen Seiten hin ohne Grenzen sich ausbreiten, wenn nicht Schwerkraft eigener Theile oder überwiegende Anziehungskraft fremder Stoffe

Stoffe dagegen dies verhinderte und so ihrer Expansion Gränzen setzte.

§. 132. Die elastischen Flüssigkeiten (§. 131.) sind entweder an sich expansible oder durch Mittheilung oder Ableitung expansible. Die erstern, wie der Wärmestoff, besitzen ihre expansive Elasticität ursprünglich, wenigstens kennen wir bey dem Wärmestoffe keine Substanz, und unsere Sinne zeigen uns keine, von der wir keine überwiegende Expansivkraft ableiten könnten. Die Luftarten und Dämpfe hingegen besitzen eine abgeleitete Expansibilität, und verdanken dieselbe dem Wärmestoffe.

§. 133. Ferner unterscheide ich rein-expansible und schwere expansible Flüssigkeiten. Bey den erstern, wie bey dem Wärmestoffe und Lichte, folgen die Theile in ihrer Bewegung außer der Expansivkraft, sie sey ursprünglich oder abgeleitet, keiner andern Grundkraft, und sie verbreiten sich von dem Orte aus, wo die abstoßende Kraft ihrer Materie thätig zu werden anfängt, nach allen Richtungen zu mit gleicher Leichtigkeit, und nur die ihrer Expansivkraft entgegen wirkende Anziehung anderer Grundstoffe kann der Verbreitung derselben ins Unendliche Gränzen setzen. Diese rein-elastischen Flüssigkeiten heißen auch strahlende.

§. 134. Zur leichtern geometrischen Construction der Begriffe bey der Erklärung der Erscheinungen der rein-expansibeln Flüssigkeiten ist es zwar erlaubt, sich die Verbreitung derselben in Strahlen, und als discrete Theilchen in geraden Linien, vorzustellen; aber
in

in der Wirklichkeit ist diese atomistische Vorstellungsart durch nichts zu erweisen. Sie erfüllen vielmehr, wie alle Materien, auch bey der größten Dünne, ihren Raum mit Continuität.

§. 135. Die schweren expansibeln Flüssigkeiten (§. 133.), wie die Luftarten und Dämpfe, besitzen alle eine abgeleitete expansive Elasticität. Die Erfahrungen in der Folge werden lehren, daß sie alle aus einer ponderabeln, an sich nicht expansibeln, Basis, die für sich durch die wechselseitige Wirkung ihrer ursprünglich anziehenden und abstoßenden Kraft die Aggregation der Festigkeit haben würde, und aus einem an sich expansibeln Stoffe, dem Wärmestoffe, bestehen, durch dessen überwiegende Expansivkraft die ursprünglichen Attractionskräfte der Basis derselben verschwinden müssen. Eben die Schwere ihrer Theile hindert, daß sie sich nicht so, wie die rein elastischen Flüssigkeiten (§. 133.) verbreiten können.

§. 136. Von diesen schweren elastischen Flüssigkeiten (§. 135.) unterscheiden wir zweyerley Arten: 1) luftförmige, Gasarten, oder Luftarten (*Fluida aëriformia*), und 2) dampfförmige oder Dämpfe (*Vapores*). Jene behalten ihre elastische Form bey jedem Grade der Zusammendrückung, den wir anzuwenden im Stande sind, und bey jedem uns bekannten Grade der Kälte; sie besitzen also in diesen Umständen Permanenz der mitgetheilten Elasticität, und ihre Zusammensetzung (§. 135.) wird durch mechanische Zusammendrückung nicht aufgehoben. Diese hingegen, die dampfförmigen Flüssigkeiten, verlieren durchs

durchs Zusammenpressen, so wie durch Kälte, ihre Form der elastischen Aggregation; die eigenen Anziehungskräfte der Theile ihrer Basis werden nun wieder verstärkt, und diese treten zum festen oder liquiden Körper zusammen, indem sie sich von einem Antheile des Wärmestoffs trennen.

§. 137. Alle tropfbar-flüssige Körper, die wir kennen, haben diese Form ihrer Aggregation nicht ihren ursprünglichen Grundkräften zu danken, sondern würden durch diese vielmehr sämmtlich feste Körper seyn. Ihre liquidität ist mitgetheilt, ist Folge des Einflusses des expansibeln Wärmestoffs, wie dies Erfahrungen in der Folge näher beweisen werden. So hat also der Wärmestoff durch seine expansive Kraft Antheil an der Hervorbringung der Form aller schweren expansibeln und aller liquiden Körper.

So ist z. B. das Wasser unter 0° noch Reaum. ein fester Körper (Eis); über 0° bis 80° bey dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre tropfbar-flüssig (eigentliches Wasser); bey 80° und darüber bey dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre elastisch-flüssig (Wasserdampf).

§. 138. Ohne den Druck der Atmosphäre, der die ursprünglichen Attractionskräfte der Theile verstärkt, würden sehr viele tropfbar-flüssige Körper bey dem gewöhnlichen Grade der Wärme, woben wir leben, gar nicht einmal als tropfbar-flüssige erscheinen; wir würden sie als solche gar nicht kennen, sondern sie würden durch die nun überwiegend werdenden expansiven Kräfte des mit ihnen verbundenen Wärmestoffs zu expansibeln Flüssigkeiten werden.

Ohne den Druck der Atmosphäre würde das Wasser schon bey dem Schmelzpunkte die Form der elastischen Flüssigkeit annehmen und den Zwischenzustand des Tropfbar-flüssigen gar nicht erhalten.

Ver,

Versuche zur Bestätigung mit warmen Wasser, oder mit Aether unter der Glocke der Luftpumpe.

§. 139. Ein merkwürdiges Phänomen der den Theilen der Materie bewohnenden Anziehungskraft ist die bestimmte Gestalt, welche die Theile annehmen, wenn jene ungehindert und frey darauf wirken kann. Bey den liquiden Körpern ist es die Bildung der Tropfen. bey den festen die Crystallisirung und das Gefüge (Textura), das in dieser Rücksicht unsere nähere Betrachtung verdient.

§. 140. Alle liquide Körper nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Massen eine sphärische Gestalt an und bilden Tropfen, so bald sie nicht mit einem andern Körper so stark zusammenhängen, daß sie darauf oder daran zerfließen. So bildet fein zertheiltes Quecksilber auf Holz, auf Glas, auf Stein, und mehreren dergleichen Materien, lauter kleine Kugeln; eben so auch Wasser und Wein, auf Holz, Papier u. dergl., das mit Barlappsamen bestreut ist; Oehl auf einer mit Wasser feucht gemachten Tafel; und alle dergleichen flüssige Körper überhaupt nehmen die Kugelgestalt an, wenn sie in kleinen Massen durch die Luft fallen. Eine bloß träge flüssige Masse würde auf jeden Fall die Figur behalten, die sie einmal hätte, und keine Tropfen bilden. Hat sie diese Figur noch nicht, so kann sie nicht ohne Bewegung ihrer Theile zu einer runden Kugel werden. Schon die Bildung der Tropfen beweiset also, daß eine Ursach da seyn muß, welche diese Wirkung hervorbringt. Die Schwere kann nicht die Ursach seyn, da sie viel
mehr

Grundstoff. u. Form. d. Körper. u. ihrer Cohäs. 39

mehr der Bildung der Tropfen wirklich hinderlich ist, wie die Erfahrung lehrt, und das Plattdrücken der auf festen Körpern ruhenden Tropfen oder Kügelchen bewirkt, die um desto mehr eine vollkommene Sphäre bilden, je kleiner sie sind, und je geringer ihr Gewicht ist. Es bleibt nur die Kraft der Anziehung zwischen den Theilchen des tropfbar-flüssigen Körpers allein übrig, aus der man auf eine genuthuende Weise dieses Phänomen erklären kann. Wenn man nämlich voraussetzt, daß alle Theilchen einer Materie mit gleicher Stärke sich anziehen, und die Verschiebbarkeit derselben groß genug ist, um ihrer Bewegung kein Hinderniß entgegen zu setzen, so folgt aus richtigen mechanischen Gründen, daß das Gleichgewicht dann erst entstehen könne, wenn die Masse eine Kugelgestalt angenommen hat.

Hierher gehört auch das Löthen der Metalle, und die Verfestigung des Schrotens aus Blei.

§. 141. Auch feste Körper nehmen eine bestimmte Form an, und ihre Theile bilden Gruppen von eigenen Gestalten, so bald sie ungehindert der Bewegung folgen können, welche die Anziehungskraft in bestimmten Richtungen unter ihnen hervorbringt. Hier ist nun der merkwürdige Umstand, daß die Theilchen sich nicht nach allen Richtungen mit gleicher Stärke anziehen, und daß die schon gebildeten kleineren Gruppen und Grundgestalten sich in gewissen Flächen stärker anziehen, als in andern, und solcher Gestalt polyedrische Solida bilden, die wir Krystalle (Crystalls) nennen.

§. 142. Damit nun feste Körper Krystalle von bestimmten und regelmäßigen Formen bilden, oder sich gehörig KrySTALLISIREN, ist nöthig, 1) daß sie erst in den Zustand der Flüssigkeit gebracht werden, um Verschiebbarkeit der Theile im hohen Grade zu erhalten, und 2) daß sie allmählig und ohne Störung wieder erstarren oder aus Flüssigkeit in Festigkeit übergehen, während welches Ueberganges aus Flüssigkeit in Festigkeit sich die Theile in bestimmten Richtungen an einander fügen, und so Körper von bestimmten Umrissen, wenigstens von bestimmtem Gefüge bilden.

§. 143. Unter dieser Bedingung kann man wohl von allen festen Körpern behaupten, daß sie eine gewisse bestimmte Gestalt annehmen, und dadurch entweder bestimmte Formen im Umriss, oder wenigstens ein bestimmtes Gefüge erhalten. Die Natur zeigt uns diese regelmäßige Gestalt und Fügung an unzähligen festen Körpern in unzähligen Verschiedenheiten, an Erden und Steinen, Salzen, Metallen, und Schwefel; und wenn zahlreiche Arten nicht in dieser regelmäßigen Gestalt oder Fügung erscheinen, so läßt doch das, daß eben diese Arten sonst auch so angetroffen werden, schließen, daß bey ihrem Entstehen die Bedingungen fehlten, unter welchen nur jenes Phänomen Statt finden kann. Bey einigen zähen Körpern, wie bey den dehnbaren Metallen, wird auch das regelmäßige Gefüge ihrer Theile bey der Trennung selbst gestört, und läßt sich eben deswegen nicht wahrnehmen. Die Kunst kann freylich die Natur in der Configuration nicht immer nachahmen, da es ihr an

Mit-

Grundstoff. u. Form. d. Kdrp. u. ihrer Cohär. 91

Mitteln fehlt, viele Dinge in den dazu nöthigen Zustand der Flüssigkeit zu versetzen.

Beispiele an Krystallisation des Salpeters, Glaubersalzes, und anderer Salze.

Krystallisation verschiedener Salze in einzelnen Tropfen ihrer Auflösung, die nachher mikroskopisch betrachtet werden.

Der Silberbaum oder Dianenbaum.

Der Bleybaum.

Der Zinnbaum.

de Romé Delisle Essay de Crystallographie. à Paris.

1773 gr. 8. Versuch einer Krystallographie von Herrn de

Romé Delisle, aus dem Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel.

Greifswald 1777. gr. 8. Crystallographie, ou description

des formes propres à tous les corps du regne mineral, par

Mr. Romé Delisle. Sec. edit. à Paris. T. I — IV. 1784.

8. Torb. Bergmann de formis crystallorum, praesertim

o spatho ortis; in seinen opusc. physico-chemicis. Vol. II.

S. 1. ff. Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien,

abgefaßt von A. G. Werner. Leipz. 1774. 8.

§. 144. Die zur Bildung der Krystalle, oder wenigstens eines bestimmten Gefüges, nöthige erste Bedingung, die leichte Verschiebbarkeit der Grundmassen durchs Flüssigwerden, wird bey festen Kdrpern entweder durchs Schmelzen, oder durchs Auflösen in andern liquiden Kdrpern, oder durch Verwandlung in Dampf, oder auch durch höchst feine Zertheilung in einem flüssigen Mittel, ertheilt; und die andere Bedingung, die Wiedermegnahme dessen, was sie flüssig machte, wird entweder durch Erstarrung und Gefrieren, oder durch Verdunstung des Auflösungsmittels, oder durch Niederschläge, oder durch Ruhe und Bodensätze erhalten, wobei nun freulich überhaupt keine andere Art der Bewegung, wie Schütteln, Umrühren, die Ziehung der festwerdenden Theile hindern und stören muß. Bey einem zu plötzlichen Uebergange zur Festigkeit haben die

Theil:

Theilchen nicht Zeit genug, sich regelmäßig an einander anzulegen, und die Bildung wird unformlich.

Beispiele von der Bildung der Krystalle oder wenigstens eines regelmäßigen Gefüges unter den angeführten Bedingungen 1) des Schmelzens und Erfaltens sind: das Eis, besonders bey dem Gefrieren der Fenster, der Schwefel, der Spießglasstein, der Wismuth etc.; 2) des Auflöbens in tropfbarer Flüssigkeit: a) des Abkühlens oder Abflühlens: die mannichfaltigen Salzkrystalle, der Schwefelrubin, b) des Niederschlagens: die Metallbäumchen etc.; 3) der Verwandlung in Dampf und Abflührung: der Schnee, die krystallinischen Sublimata, und so genannten chemischen Blumen; 4) des feinen Zertheilens in Wasser oder in andern Medien; die Bildung der kalkigen Stalactite und Töpfe.

Bei der Bildung organischer Körper müssen wir endlich auch bey dieser Grundkraft der Cohärenz als letzter Ursach stehen bleiben, und selbst der Bildungstrieb des Hrn. Blumenbach löst sich zuletzt darin auf.

§. 145. Sehr viele größere Krystalle lassen sich mechanisch in andere kleinere zertrennen, die entweder den größern in der Gestalt ähnlich sind, oder nicht. Das erstere findet Statt, wenn die Theilungen des größern Krystalles mit allen seinen Flächen parallel geführt werden können; widrigen Falls sind sie ihm unähnlich. Herr Lavoisier hat diesen Gegenstand mit sehr vieler Genauigkeit bey den Fossilien untersucht, und aus der Anhäufung von gewissen kleinern primitiven Grundgestalten nach gewissen Gesetzen die Entstehungsart größerer Krystalle von secundären Gestalten sehr glücklich entwickelt.

Nach Hrn. Lavoisier lassen sich alle bis jetzt gefundene primitive Formen der Fossilien auf sechs zurückbringen, nämlich: das Parallelepipedum, wozu der Würfel, die Rhomboide, und alle Solida gehören, die von sechs Flächen eingeschränkt werden, wovon je zwey parallel sind; das regelmäßige Tetraëdrum; das regelmäßige Octaëdrum; die sechsseitige Säule; das Dodecaëdrum mit gleichen und ähnlichen Kantenflächen; und das Dodecaëdrum mit dreyseitigen gleichschenkligen Flächen.

Von Hrn. Lavoisier Abriss der Theorie von der Structur der Krystalle; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. II. S. 418. f.

Phänoo

Phänomene der Cohärenz der Körper.

§. 146. Nicht allein die Theile eines und eben desselben Körpers hängen unter einander zusammen, sondern auch die Körper von einerley Art unter einander selbst, wenn sie sich berühren, und zwar um desto stärker, je genauer und in je mehr Punkten sie sich berühren.

Beispiele des Zusammenhängens: 1) Flüssiger Körper giebt das Zusammenfließen der Wassertropfen, der Quecksilbertropfen, der Öhlropfen, bey ihrer Verührung; 2) fester Körper, das Zusammenhängen zwey geschliffener Messingplatten und Glasplatten.

§. 147. Auch Körper von ungleicher Art hängen unter einander zusammen, wenn sie sich genau genug berühren. Diese Stärke des Zusammenhanges ist zwischen verschiedenen ungleichartigen Körpern bey gleicher Berührungsfläche sehr verschieden.

Versuche: 1) Zwey Metallplatten, Glasplatten, oder Porzellanplatten, die mit Wasser oder Fett bestrichen sind, hängen stark zusammen.

2) Es werde eine runde dicke Messingplatte vermittelst eines in der Mitte derselben befindlichen Halsens durch einen Faden an den Arm eines Waagebalkens so aufgehängt, daß sie genau horizontal hänge; sie werde an der Waage ins Gleichgewicht gebracht, und dann auf die Fläche vom unteraecktesten Wasser, Weingeist und Quecksilber so gelegt, daß keine Luftblasen darunter bleiben. Die Waage wird aus dem Gleichgewicht gebracht seyn, und es werden Gewichte erfordert werden, um die Platte loszureißen. Diese Gewichte werden bey den verschiedenen Flüssigkeiten verschieden seyn müssen.

Der Druck der Luft kann von dieser Erscheinung nicht die alleinige Ursach seyn, da sie auch unter dem leeren Recipienten der Luftpumpe Statt hat, obgleich hier die Stärke des Zusammenhanges vermindert ist. Wäre der Druck der Luft die alleinige Ursach, so müßte die Stärke des Zusammenhanges sich bloß nach der Fläche richten, was doch nicht ist.

Muschenbroeck (introd. ad philos. natural. T. I. §. 1096.) ließ Cylinder aus verschiedenen Materien verfertigen, deren Durchmesser 1,916 rheinl. Zoll betrug, und die Grundflächen derselben sehr genau schleifen und poliren. Er bestrich die

Grund-

Grundflächen je zweyer Cylinder von einerley Art nach der Erwärmung mit Rindstalg, befestigte den obern, und riß nun den untern durch angehängte Gewichte, nach dem völligen Erkalten des Talges, senkrecht ab. Er nimmt an, daß der Druck der Luft hierbei 41 Pf. betragen habe, und diesen bringt er mit in Anschlag, und da fand er denn folgende Resultate: es hingen zusammen:

Cylinder von	mit	130 Pf.	nach	mit	89 Pf.
Messing	,	150	nach	,	109
Kupfer	,	200	nach	,	159
Silber	,	225	nach	,	84
gehärtetem Stahl	,	225	nach	,	184
weichem Eisen	,	300	nach	,	259
Zinn	,	100	nach	,	59
Bley	,	275	nach	,	231
Zink	,	100	nach	,	59
Wismuth	,	150	nach	,	109
weißem Marmor	,	225	nach	,	184
schwarzem Mar-					
mor	,	230	nach	,	189
Elfenbein	,	108	nach	,	67

Hr. v. Morveau ließ von verschiedenen Metallen runde Platten von gleicher Größe und Gestalt machen, die 1 Zoll im Durchmesser hatten, und bestimmte die Kraft, mit der sie auf Quecksilber hingen. Es hing daran

das Gold mit einer Kraft von	446 Granen
das Silber	49
das Zinn	418
das Bley	397
der Wismuth	372
der Zink	204
das Kupfer	143
der Spiegelschmelz	126
das Eisen	115
der Kobold	8

(Man sehe Anfangsgründe der theoretischen und practischen Chemie von Hrn. de Morveau, Maret und Durrande, a. d. Franz. von Christ. Ehrenfr. Weigel, Th. 1. Leipz. 1779. 8., S. 49. ingleichen: Expériences faites en présence de l'Acad. de Dijon, le 12. Fevr. 1773. par Mr. de Morveau; in Obs. de Physique de Mr. l'Abb. Rozier. T. 1. S. 172. und 460.)

Nachricht von den Resultaten einer großen Anzahl von Versuchen dieser Art findet man bey Hrn. Richard: Versuche über die Kraft, mit welcher die festen und flüssigen Körper zusammenhängen, nebst der Bestimmung der Gesetze, denen diese Kraft in Absicht ihrer Vermehrung oder Verminderung nach der Natur einer jeden Flüssigkeit unterworfen ist; in seinen Chymisch. phys. Schriften S. 354. ff.

§. 148. Es gründeten sich auf diese Kraft des Zusammenhanges zwischen ungleichartigen Stoffen das

Grundstoff. u. Form. d. Körper. u. ihrer Cohäs. 95

das Zusammenleimen, die Kütte, der Mörtel, das Löthen, das Verzinnen, das Versilbern, das Vergolden.

§. 149. Aus verschiedenen bisher angestellten Versuchen scheint das Gesetz zu folgen: daß die Stärke der Cohäsion bey verschiedenen Paaren von einerley Körpern, so wohl von gleichartigen als ungleichartigen, mit der Menge der Berührungspuncte im Verhältnisse stehe.

Probe: Runde geschliffene Glasscheiben, deren Durchmesser sich wie 1, 2, 3 gegen einander verhalten, hängen mit Wasser, mit verschiedenen Kräften zusammen, die sich gegen einander sehr nahe verhalten, wie 1^2 , 2^2 , 3^2 , oder wie ihre Grundflächen. Man sehe auch Richard a. a. D. Tab. 4. und 5.

§. 150. Es ist noch kein Gesetz bekannt, nach welchem sich die Größe der Kräfte des Zusammenhanges bey Körpern von ungleicher Art richtete. Die Dichtigkeit der Körper steht damit in gar keinem Verhältnisse; und es ist keinesweges allgemein wahr, was *Hamberger* behauptete, daß eine flüssige Materie von geringerem eigenthümlichen Gewichte mit einem Körper von einem größern eigenthümlichen Gewichte stärker zusammenhänge, als unter sich selbst; oder daß flüssige Materien von größerem eigenthümlichen Gewichte stärker unter sich zusammenhängen, als mit Körpern von geringerem eigenthümlichen Gewichte.

Hamberger elem. physices §. 157. 158.

§. 151. Auf den Zusammenhang flüssiger Materien mit festen, der größer oder kleiner ist, als der zwischen den Theilen der flüssigen Materie selbst, gründen

gründen sich verschiedene merkwürdige Phänomene. Wenn ein fester Körper mit einem flüssigen stärker zusammenhängt, als der flüssige unter sich, so hängen sich die Theile des letztern an den erstern bey der Berührung an ihn an, und machen ihn naß, oder sie zerfließen auf ihm; wenn hingegen die Cohäsionskraft zwischen den Theilen des flüssigen Körpers stärker ist, als zwischen diesen und dem festen Körper, so bleibt der letztere bey dem Hineintauchen in jenen trocken, und der flüssige Körper zerfließt nicht darauf, sondern bildet Kügelchen oder Tropfen (§. 140.). Da nun schwerere Flüssigkeiten auf leichtern festen Körpern allerdings zerfließen können, so ist dies zugleich eine Bestätigung des vorigen Satzes (§. 149.).

Beispiele: Quecksilber zerfließt auf Gold, Silber, Blei, Zinn, und man kann allerdings sagen, es mache diese Körper naß; es zerfließt hingegen nicht auf Eisen, Glas, Holz, Stein. Wasser zerfließt auf Glas, Holz, unserer Haut, und macht daher diese naß; es zerfließt hingegen nicht auf einer mit Fett bestrichenen oder besser mit Wachs lappsaamen bestrichenen Tafel; man kann solchergehalte, wenn man auf die Fläche des Wassers Hartlappsaamen streuet, durch denselben hindurch ins Wasser greifen, ohne daß die Finger naß werden. Fließende Metalle zerfließen nicht auf Steinen und erdigen Massen, und bilden darauf in kleinen Massen Kügelchen oder Tropfen.

§. 152. Ferner, wenn flüssige Materien in ihren Theilen stärker zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so nehmen sie in den aus dem letztern gemachten Gefäßen eine concave Oberfläche an, die dem Abschnitte einer Kugel um desto näher kommt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Taucht man den festen Körper in den flüssigen dieser Art hinein, so bildet die Flüssigkeit rund um ihn herum eine Vertiefung.

Beispiele:

Beispiele: Quecksilber steht in gläsernen Röhren mit einer convergen Fläche; Stehende Me alle stehen in den irdenen Sammelgefäßen mit einer convergen Fläche; Wasser steht in einem mit Fett ausgestrichen und mit Hartarpplaamen bedruckten Glase mit concaver Fläche. Eine Saarröhre, Holz, der Fingerring in Quecksilber geräucht verursacht rund umher eine Vertiefung im Quecksilber.

Nach hydraulischen Gesetzen sollte die Flüssigkeit in Gefäßen dieser Art eine vollkommenen horizontale Oberfläche haben, und sie würde es thun, wenn die Theile ungeschiedert, ohne Cohäsion, der Schwere folgten. Wenn sie hingegen durch die Cohäsion gleichförmig folgten, und nicht zugleich schwer wären, so würden sie auch in dem weitesten Gefäße eine vollkommen concave Linsenfläche bilden. Sind sie aber nun zu gleicher Zeit schwer und cohäerend, so werden die mittlern Säulen sinken müssen, wenn sie um so viel höher stehen, als die äußere, daß ihr senkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Kraft der Cohäsion zu erhalten vermagend ist. Nur an den Seiten wird dann die Conspicität wahrzunehmen seyn.

§. 153. Wenn hingegen flüssige Körper in ihren Theilen schwächer zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so stehen sie in den aus letztern gemachten Gefäßen mit einer concaven Fläche, oder sie stehen am Rande höher, als in der Mitte. Und eben so bildet auch die Flüssigkeit um einen solchen festen Körper rings herum eine Erhöhung.

Beispiele: Quecksilber steht in zinnernen oder bleernen Gefäßen mit einer concaven Fläche; eben so auch Wasser in gläsernen Gefäßen. Am eine ins Wasser getauchte Glasflanze steht dasselbe rund herum erhöht; so auch das Quecksilber um eine Zinnflanze.

Die Flüssigkeit würde nach hydraulischen Gesetzen, wenn ihre Theile bloß der Schwere, ohne Cohäsion, folgten, eine vollkommenen horizontale Fläche annehmen. Wenn sie aber nun mit den Theilen der festen Körper cohäerirten, so werden die Theile derselben, die die Wand des Gefäßes berühren, dadurch in ihrem senkrechten Drucke nach unten zu vermindert werden, (gewisser Massen durch das Anhaften an die Wand des Gefäßes), und sie werden an der Wand umher um so viel höher stehen müssen, als ihr verminderter Druck mit dem Drucke der davon entfernten Säulen das Gleichgewicht halten kann.

§. 154. Hierauf gründet sich nun einzig und allein das Phänomen der Saarröhrchen (Tubi capil-

läres). Man besteht darüber Höhle gläserne Röhren, deren Höhlung etwa den Durchmesser eines Pferdehaares und etwas darüber hat, und die an beyden Enden offen sind. Stellt man die untere Oeffnung in eine Flüssigkeit, die auf Glas zerfließt, so steigt in kurzer Zeit die Flüssigkeit darin in die Höhe und erhebt sich über die Oberfläche der äußern Flüssigkeit, und zwar zu einer größern oder geringern Höhe, nach der Enge des Haarröhrchens und der verschiedenen Natur der Flüssigkeit.

Versuche mit gläsernen Haarröhrchen in Wasser, Milch, Zuckermuscat, Tinte, u. dergl.

Das Haarröhrchen muß oben offen seyn, sonst wird die eingeschlossene Luft durch ihren Gegenstand beim Zusammenpressen das Aufsteigen hindern.

Wenn die gefärbten Flüssigkeiten durchsichtig sind, so lassen sie sich in dem Haarröhrchen nicht gut unterscheiden, weil sich wegen der Dünne der Säule die Farbe verliert. Um diese besser wahrzunehmen, klebt man das Haarröhrchen auf einen Papierstreifen. Undurchsichtige Flüssigkeiten, als Milch, lassen sich darin leicht wahrnehmen.

§. 155. In diesen Haarröhrchen steht die Flüssigkeit an den Seiten ebenfalls höher, als in der Mitte (§. 153.); aber wegen der geringen Entfernung fließt der Ring, welchen die Flüssigkeit an den Seiten bildet, zusammen; wegen der fortwirkenden Ursach der Cohäsion steigt das Wasser an den Seiten nun abermals höher, fließt wieder zusammen, u. s. f., bis endlich das Gewicht der Säule der in dem Haarröhrchen aufgestiegenen Flüssigkeit im Gleichgewichte steht mit der Cohäsion, die zwischen dem Glase und der Flüssigkeit obwaltet. Denn nun hat das Aufsteigen natürlicher Weise seine Grenzen.

Grundstoff. u. Form. d. Körper. u. ihrer Cohäs. 99

Es versteht sich, daß die Flüssigkeit keine merkliche Viskosität haben müsse.

§. 156. Da der Grund des Aufsteigens der Flüssigkeiten in Haarröhrchen einzig und allein in der Kraft des Zusammenhanges derselben mit dem Glase zu suchen ist, so läßt sich auch leicht einsehen, daß dieses Aufsteigen und die Höhe desselben bey den verschiedenen Flüssigkeiten sich so wenig nach ein in bekannten Gesetze richte, als die Cohäsion der Körper überhaupt (§. 150.); sondern daß sie vielmehr erst jedesmal durch Erfahrung gefunden werden müsse.

§. 157. Es läßt sich hieraus erklären, warum die Höhe des Aufsteigens der Flüssigkeiten mit ihrem specifischen Gewichte in keinem Verhältnisse steht; und warum auch selbst, nach Muschenbroeks Versuchen, die Beschaffenheit des Glases auf die Höhe, zu welcher einerley Flüssigkeit in Haarröhren von einerley Durchmesser steigt, Einfluß haben kann.

Nach Muschenbroek (introduction in philosophiam naturalem T. I. S. 373.) steigen in Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flaschenglase:

Destillirtes Wasser	3,40 Zoll rheinl.
Liquor anodynus	1,40 "
Alkohol	1,60 "
Regender Salmiakgeist	3,60 "
Luftsaurer Salmiakgeist	4,56 "
Salpetergeist	2,07 "
Salzgeist	2,07 "
Witriolgeist	3,25 "
Witriolöhl	1,30 "
Scrpentinöhl	2,58 "

In Haarröhrchen, von eben dem Durchmesser, aber aus andern Glasarten, waren die respectiven Höhen eben dieser Flüssigkeiten größer und kleiner.

Es wäre überhaupt der Mühe werth, zu untersuchen, ob nicht diejenigen Flüssigkeiten, die mit einer Glasplatte stärker cohäriren, in den aus eben dem Glase derselben verfertigten Haarröhren höher stehen würden, als andere minder stark damit cohärirende.

§. 158. Flüssigkeiten, welche auf dem Glase nicht zerfließen, steigen auch in gläsernen Haarröhren nicht in die Höhe. Es ist also bloß die Kraft der Anziehung zwischen dem Glase und der Flüssigkeit, welche das Aufsteigen derselben in Haarröhren bewirkt (§. 155.), nicht der Druck der Luft, oder eines eingebildeten Aethers.

*Petr. van Muschenbroek de tubis capillaribus vitreis, in seipso
nem disq. phys. - experim. S. 271. Tentamen theoriae,
qua ascensus aquae in tubis capillaribus explicatur,
auctore Ios. Weitbrecht, in den Comment. acad. petropolit.
T. VIII. S. 262 C. B. Funceii Diss. de ascensu fluidorum
in tubis capillaribus, Commentat. L. II. Lips.
1773. 4.*

§. 159. Die Höhen, zu welchen einerley Flüssigkeit in Haarröhren von verschiedenem Durchmesser und von einerley Glase aufsteigt, verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser der Haarröhren. Denn in einem Haarröhren, das noch einmal so weit ist, als ein anderes, müßte die Flüssigkeit viermal niedriger stehen, weil sie viermal so viel Gewicht hat (§. 155.); da aber das noch einmal so weite Haarröhren auch noch einmal so viel Berührungspuncte hat, die Cohäsion von einerley Körper aber den Berührungspuncten proportionirt ist (§. 149.), so müßte die Flüssigkeit deswegen in diesem noch einmal so weiten Haarröhren auch noch einmal so hoch steigen, als in dem engeren. Die Höhen einer flüssigen Materie in den Haarröhren sind folchergestalt in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Diameter und dem umgekehrten der Quadrate der Diameter; sie verhalten sich folglich verkehrt wie die Diameter.

Setzt;

Setzt, es sey ein Haarröhrchen A, dessen Durchmesser = 1, und ein anderes B, dessen Durchmesser = 2 ist, so sollte, weil das Gewicht die Ursach des verhinderten weitem Aufstiegens der Flüssigkeit in Haarröhren ist, und der Aushalt des Cylinders sich verhält wie das Product aus dem Quadrate der Durchmesser der Grundflächen in die Höhen, um gleichen Gewicht der aufgestiegenen Säule zu haben, die Höhe

1) in A zu der in B seyn = $2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Weil aber die Peripherie von A zu der von B sich verhält wie die Durchmesser, auch ferner die größere Peripherie mehr Berührungspunkte darbietet, und die Cohäsion zwischen einetley Körpern sich verhält wie die Menge der Berührungspunkte: so sollte die Höhe

2) in A zu der in B seyn = $1 : 2$.

Wir haben also ein zusammengesetztes Verhältniß, wovon wir die Glieder multiplizieren müssen, um ein einfaches zu erhalten. Es ist also die Höhe

in A : B = 4 : 1 (wegen 1)

in A : B = 1 : 2 (wegen 2)

folglich in A : B = 4 : 2 = 2 : 1, dies ist umgekehrt wie die Durchmesser.

4. 160. Wenn man zwei platte, reine Glasstreifen unter einem spitzen Winkel über einander setzt, und einen Tropfen dünnes Oehl, Wasser oder Weingeist, kurz, eine Flüssigkeit, die mit dem Glase zusammenhängt, und keine merkliche Viscosität hat, so dazwischen bringt, daß der Tropfen beide Glasplatten berührt, so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach dem Winkel beider Glasplatten hin bewegen. Eben dies widerfährt auch einem Quecksilbertropfen zwischen zwei regulinischen Zinnplatten.

Wird der Tropfen k (Fig. 18.) zwischen die beiden Platten AC und BC gebracht, die unter dem spitzen Winkel ACB über einander gestellt sind, und mit denen er zusammenhängt, so wird er die Natur desg annehmen müssen. Weil nun der Tropfen k gegen die beiden Platten AC und BC die Kraft der Cohäsion äußert, die Wirkung einer jeden Kraft aber nach der Perpendicularität geschieht (§. 95.), so muß auch der Wassertropfen mit der Kraft km in die obere, und mit der Kraft kn in die untere wirken. Da nun beide Kräfte einen Winkel mkn einschließen, so wird der Tropfen durch die Diagonallinie kc getrieben werden.

Ze

Je näher er aber nach C kommt, desto platter und breiter wird er; folglich desto mehr wird die Menge der Berührungspuncte vermehrt werden. Die Kraft der Cohärenz wird also um so stärker wirken, und daher die Bewegung nach der Direction kC beständig vermehren.

§. 161. Wenn man zwei reine Glasplatten unter einem spitzen Winkel an einander setzt, und beide vertical in Wasser oder eine andere Flüssigkeit stellt, die auf dem Glase zerfließt, so wird diese zwischen dem Winkel beider Platten in die Höhe steigen, und der Rand der aufgestiegenen Flüssigkeit wird eine Hyperbel bilden.

Wenn man zwei Glasplatten ADG (Fig. 19.) und ECB mit der einen Kante A und B so an einander fügt, daß sie mit der vordern DG und EC von einander absteigen, und dem spitzen Winkel GBC bilden, so wird, wenn man sie vertical in Wasser hält, dies in dem Winkel in die Höhe steigen, und die Figur imsg annehmen. Denn weil man sich zwischen beiden Platten lauter Haarröhrchen denken kann, die desto enger sind, je näher sie nach AB zu stehen, so wird, nach dem Gesetze der Haarröhren, das Wasser um desto höher steigen, je kleiner der Abstand bey der Platten wird. Durch richtige Ausmessung hat man gefunden, daß gsmi eine Hyperbel sey, deren Asymptoten AB und BC sind. Denn Bp verhält sich zu Bn, wie der Abstand der Glasplatten qp zu on; es ist aber die Höhe mn zu der fp in umgekehrtem Verhältnisse der Abstände der Platten an diesen Orten, oder wie Bp zu Bn. Folglich wird auch $Bp \times fp = Bn \times mn$ seyn, und also die Eigenschaft einer Hyperbel haben.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 1062.

§. 162. Wenn man eine kleine hohle Glasugel auf das Wasser in einem Trinkglase setzt, so wird sie in der Mitte der Wasserfläche ruhig bleiben. So wie sie aber der Wand des Gefäßes nahe kommt, so wird sie sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach derselben hin bewegen. Eben so bewegt sie sich auch von der Mitte des Wassers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Wasser steckt, und

und der davon naß wird; und zwei Glasfögelchen bewegen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit gegen einander, wenn sie auf der Mitte des Wassers schwimmen, und einander nahe gehug kommen. Auch diese Phänomene folgen aus der Cohäsion bey der unmittelbaren Berührung, und wir brauchen auch dazu keine anziehende Kraft, die in der Entfernung schon wirksam wäre.

Es befinde sich ein hohles Glasfögelchen G (Fig. 20.) auf der Mitte der Wasserfläche ef des Gefäßes ABCD. Es wird, ob es gleich darauf schwimmt, sich doch nach hydrostatischen Gesetzen darein bis zu einer gewissen Tiefe einsenken. Das Wasser, das damit cohärirt, wird daran, wie in g und h, und so rund herum, sich erheben, und einen kleinen Wasserberg um das Fögelchen bilden. Da nun das Wasser in g und h, und so um das Ganze herum, gleich hoch steht, so wird es auch dasselbe nach allen Puncten gleich stark ziehen, und die entgegengesetzten gleich großen Kräfte werden sich wechselseitig aufheben, folglich keine Bewegung hervorbringen.

So wie aber das Fögelchen der Wand des Gefäßes näher kommt, z. B. der Wand A, und sich nun in H befindet, so wird der an der Wand A in e aufgestiegene Wasserberg mit dem am Fögelchen auf der Seite in k befindlichen zusammenfließen, und das Wasser wird folglich auf dieser Seite an dem Fögelchen und zwischen der Wand wieder höher steigen. Da nach dem Puncte des Fögelchens zu, der der Wand A am nächsten ist, das aufgestiegene Wasser auf beyden Seiten um desto höher treten muß, weil der Abstand von der Wand da am kleinsten ist, (wie vorher (§ 161.) bey den Glasplatten), so wird, wegen des Zusammenfließens dieser Wasserberge auf beyden Seiten des Fögelchens zunächst der Wand, und des Anhängens des Wassers an das leicht bewegliche Fögelchen, dieses von zweyen Kräften angetrieben werden, die einen Winkel einschließen, und sich nach der Diagonale beyder Richtungen, das ist, nach der Wand zu, bewegen. Je näher das Fögelchen der Wand kommt, desto höher wird das Wasser an ihm und der Wand in die Höhe steigen, weil der Abstand beyder nun immer kleiner wird. Je höher aber das Wasser an der Kugel hinaufsteigt, desto größer wird die Anzahl der Berührungspuncte zwischen ihr und dem Wasser. Da nun solchergestalt die Cohärenz des Wassers von der Seite k stärker wirkt, als auf der Seite l, so wird das Fögelchen sich nach der Seite k bewegen, und zwar um desto schneller, je näher es nach A kommt.

Eben

Eben diese Verwandtschaft hat es nun auch, wenn man in der Nähe des Knaelschens den Finger ins Wasser steckt; denn das Wasser wird an diesem auch in die Höhe steigen, wie an der Wand des Gefäßes, und dieselbige Ursach Bewegung des Knaelschens hervorbringen, die es gegen die Wand zu bewegt.

Weil ferner das Wasser stärker mit dem Glase und dem Finger zusammenhängt, als unter sich, so wird das Knaelschen dem Ende des Fingers folgen, an dem das Wasser gewissermaßen haften, so wie an dem Kugeln, fließt.

Aus dem Knaelschen wird man nun leicht einsehen, warum zwei Knaelschen, die vom Rande des Gefäßes entfernt in die Mitte des Wassers gelegt werden, sich gegen einander bewegen, wenn sie einander nahe genug gekommen sind.

§. 163. Wenn ein Gefäß mit einer Flüssigkeit, die sonst damit cohärirt, übervoll angefüllt wird, so wird sie aus derselben Ursach, warum eine Flüssigkeit für sich allein Tropfen bildet (§. 140.), eine concave Oberfläche erhalten, die desto mehr der sphärischen Gestalt nahe kommt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Es ist hier ganz so wie mit den Oberflächen der Flüssigkeiten in Gefäßen, die damit nicht cohäriren (§. 152.). Legt man nun ein hohles Glaskugeln auf ein mit Wasser übervoll gefülltes Glas, so wird es sich von dem concaven Rande weg nach der Mitte zu bewegen.

Setzt, es befände sich ein hohles Glaskugeln G (Fig. 21.) auf der concaven Fläche AC des Wassers in dem damit übervoll angefüllten Gefäße ABCD, so wird sich, wenn es am Rande A steht, zur Seite l weniger Wasser erheben, als in k, weil der Winkel in k zwischen dem Wasser und dem Kugeln spitzer ist, als in l. Es wird sich also wegen der stärkern Cohärenz in k nach k zu vom Rande abwärts bewegen, bis sich in der Mitte der Fläche um das Kugeln herum das Wasser gleich hoch befindet.

§. 164. Wenn eine Flüssigkeit aus einem Gefäße, womit sie stärker cohärirt, als unter sich, und welches keinen nach außen umgelegten Rand hat, in der

der geneigten Lage desselben ausgegossen wird, so läuft sie längs der Wand des Gefäßes auswendig hinab, obgleich sie durch die Schwere nach der senkrechten Richtung herabgetrieben werden sollte. Sie wird nämlich jetzt durch zwei Kräfte zu gleicher Zeit afficirt, die der Cohärenz und der Schwere, und muß eine mittlere Bewegung dadurch erhalten. Flüssigkeiten hingegen, die mit dem Gefäße nicht cohären, laufen auch beim Ausgießen in der geneigten Lage des Gefäßes nicht längs der Wand desselben auswendig herab. Im gemeinen Leben giebt man, des erstern Zufalles wegen, den zum Ausgießen der Flüssigkeiten bestimmten Gefäßen entweder einen umgebogenen Rand, oder Einschnitte und Ausgüsse, um dadurch die Richtung oder Menge der Berührungspuncte, und so die Stärke der Cohärenz, zu vermindern.

Besonderheit: Wasser fließt an der Wand eines vollen Trinfalases dem Meinen desselben herab; Quecksilber an der Wand eines hohlen Gefäßes.

Wasser fließt an der mit Fett bestrichenen und mit Wachs lackirten Wand eines Glases nicht herab. Quecksilber fließt an der Wand einer reinern Schale beim Ausgießen nicht herab.

Es sey AB (Fig. 22.) ein mit Wasser gefülltes Glas, das in die geneigte Lage gebracht worden ist, so wird der Tropfen a zwar durch die Schwere in der Direction ac gerrieben werden, aber die Cohärenz desselben mit dem Glase wird nach der auf der Wand senkrecht stehenden Richtung ihn nach der Direction ab zu ziehen; er wird also nach der Richtung der Diagonallinie ac gerrieben werden; dies wird von allen nachfolgenden Tropfen gelten, und sie werden, wenn sie unmittelbar hinter einander folgen, einen Wasserstrahl längs der Wand des Gefäßes ac machen. Wenn zu viel Wasser auf einmal ausgegossen wird, so ist das Gewicht des Wasserstrahls viel größer, als die Summe der Cohärenzkräfte in den berührenden Theilen, und dann fällt der Wasserstrahl senkrecht herab. Dies erfolgt auch, wenn das Glas horizontal gehalten wird. Alsdann wird die Richtung, nach der die Cohärenz auf das Glas wirkt, der der Schwere gerade entgegengesetzt, und das Wasser muß

muss der Wirkung der grössern Kraft folgen. Eben dies ist auch der Fall, wenn der Tropfen in dem Punkte a ist. Er wird nun nach der Direction ad durch die Cohärenz gegen das Gefäß, und nach ae durch die Schwere getrieben; beyde Kräfte sind sich entgegengesetzt; und es kommt nun darauf an, welche Kraft die grössere ist, die bewegende Kraft der Schwere, d. h., das Gewicht des Wassertropfens, oder die Cohärenz desselben mit dem Glase. Ist das erstere, so fällt er herab; ist das letztere, so bleibt er hängen. Wenn der Wasserstrahl sehr geschwind am Glase herunter läuft, so erhält er durch den Fall eine Geschwindigkeit und die Kraft, nach der Direction ae sich fortzubewegen. Da er aber durch die Schwere zu gleicher Zeit, während er nach ei zu gehen fortfahren will, nach ek herabgetrieben wird, so durchläuft er ek , und die Folge wird seyn, daß dies eine parabolische Linie seyn müsse.

§. 165. Wenn aus der Mündung einer engen Röhre, die etwa eine halbe Linie im Durchmesser hat, ein Wasserstrahl senkrecht hervorspringt, und es wird derselbe zur Seite mit einem cylindrischen Körper berührt, der von der Natur ist, daß das Wasser auf ihm zerfließt; so wird er sich um den cylindrischen Körper herum bewegen, und herabfallen. Dies gilt von jeder Flüssigkeit, die mit dem cylindrischen Körper stärker zusammenhängt, als unter sich. Eben so wird auch das Wasser aus einer senkrechten Röhre, die nicht sehr weit, und von der Natur ist, daß das Wasser darauf zerfließt, wenn die Mündung der Röhre schief abgeschnitten ist, nicht in der senkrechten, sondern in einer geneigten Richtung hervorspringen. Diese Wirkung wird weder im ersten, noch im andern Falle erfolgen, wenn die Mündung der Röhre sehr weit ist. Flüssigkeiten, die im ersten Falle nicht mit dem cylindrischen Körper, und im zweiten nicht mit der Materie der Röhre stärker zusammenhängen, als unter sich, werden jene Erscheinungen

nungen nicht zeigen, wenn auch die Mündung der Röhre sehr enge ist.

Es springe (Fig. 23.) das Wasser aus der engen Mündung b der Röhre ab in der senkrechten Richtung bek hervor, und es werde der Wasserstrahl in c mit einem runden gläsernen, metallenen, oder h lternen Stabe berührt, so wird der Strahl gleich seine Richtung am Berührungspuncte ändern, um den Stab herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, und von o herab in der Richtung ef fallen. Jeder den Stab berührende Tropfen strebt durch die Kraft des Drucks, die ihn nach oben zu treibt (Fig. 24.), nach gk zu gehen; die Cohärenz mit dem Stabe aber macht, daß er senkrecht darauf angezogen wird, also nach der Richtung go wirkt; er wird daher von zwei Kräften getrieben, gk und go, und die Diagonale gg durchlaufen. Da aber die Kraft der Cohärenz go stetig wirkt, so wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tangente gk abgelenkt werden, soalich eine krumme Linie um den Stab herum beschreiben, wo die Cohärenz nach der Richtung go die Centripetalkraft, und der Sprung in der Linie gk die Tangentialkraft ist. Durch die Wirkung der Schwere wird zwar diese Tangentialkraft beim Hinabsteigen des Strahls auf dem linken Halbkreise befördert, aber auch wieder unten dadurch geschwächt; die Tropfen werden also unten langsamer bewegt werden, wenn sie wieder der Richtung der Schwere entgegen in die Höhe steigen sollen, sich folglich wegen des schnelleren Nachfolgens der folgenden anhäufen, und durch das vergrößerte Gewicht die Stärke der Cohärenz gegen den Stab zu  berschreiten, und solchergestalt herabfallen.

Es sey ad (Fig. 25.) eine enge gläserne Röhre, die in ac eine schiefe Mündung hat, und es werde daraus das Wasser nach der Richtung cf zu springen genöthigt. So wie das Wasser die schiefe Mündung erreicht, so wird es nun noch auf der einen Seite die Kraft der Cohärenz in der Richtung cg äußern können, aber auch nun von zwei Kräften getrieben werden, die einen Winkel gek einschließen. Es mag sich folglich nach der Diagonale dk bewegen.

Ist der Wasserstrahl zu stark, so ist die bewegende Kraft desselben zu groß, so daß die Kraft der Cohärenz des Wassers und des Gefäßes in beyden F llen ganz dagegen verschwindet.

Hamberger elem. phys. S. 168.

 . 166. Aus den bisher vorgetragenen Sätzen von der Kraft der Cohärenz zwischen festen und flüssigen Körpern, und der Erscheinung der Haarröhren, läßt

läßt sich nun auch erklären, warum das Wasser und andere Flüssigkeiten in Materien, deren Gewebe zarte Zwischenräume und Röhren bildet, und die damit stärker zusammenhängen, als die Theile der Flüssigkeit unter sich thun, z. B. in Ibschpapier, Schwamm, Leinwand, Zucker, geballter Asche, Dochten u. dergl., aufsteigt. Ingleichen läßt sich auch daraus das Durchfließen solcher Flüssigkeiten durch allerley Seiwertzeuge, als Ibschpapier, Leinwand, Zwilling, Filz, u. dergl., erklären. Alles, was eine Flüssigkeit hindert, in einer Haarröhre einer Materie aufzusteigen, verhindert auch das Durchfließen durch dergleichen Körper. So fließt Oehl nicht durch Ibschpapier, das mit Wasser befeuchtet ist; Quecksilber nicht durch Flor und Leinwand, wenn sein Druck nicht zu groß ist. Endlich so läßt sich auch daraus erklären, warum Salz oder Salzsolutionen in nicht ganz damit vollgefüllten gläsernen Endlern beim unmerklichen Abdunsten über den Rand des Glases steigen können.

§. 167. Flüssigkeiten, die mit einem festen Körper nicht so stark zusammenhängen, als es ihre Theile unter sich thun, steigen in den aus dem festen Körper gemachten Haarröhren nicht in die Höhe, sondern stehen, wenn man diese letztern darein eintaucht, in dem Haarröhrchen tiefer als auswendig.

Beispiele: Quecksilber, geschmolzenes Blei, Zinn u. dergl. steht in einem gläsernen Haarröhrchen, das hineingetaucht wird, tiefer, als auswendig umher.

1) Da das Quecksilber mit dem Glase nicht zusammenhängt, so kann es auch in dem daraus verfertigten Haarröhrchen nicht aufsteigen. Aber warum steht es darin tiefer, als auswendig, wenn das Haarröhrchen ins Quecksilber getaucht wird?

nicht? Wenn (Fig. 26.) das Haarröhrchen ab in das Quecksilber getaucht wird, dessen Oberfläche in gl des Gefäßes CDEF liegt, so sollte das Quecksilber, nach der bekannten Grundfläche, darin so hoch stehen als auswendig; es steht aber darin nur bis zur Höhe kl . Das Quecksilber kann nämlich nicht eher ins Haarröhrchen hineindringen, als bis seine Theile getrennt sind. Da die Theilchen des Quecksilbers auf dem Glase nicht zerfließen, so kann die Cohäsion zwischen Glas und Quecksilber diese Trennung nicht verhindern. Es wird daher ein Druck des umgebenden Quecksilbers nöthig seyn, um diesen Zusammenhang der Theile im Quecksilber aufzuheben. Es muß also der Druck des Quecksilbers in der Höhe kg oder lk um das Haarröhrchen herum angewendet werden, um die in das Haarröhrchen eindringenden Theilchen des Quecksilbers von einander zu trennen; es kann also nicht auch noch die Wirkung verrichten, das Quecksilber im Haarröhrchen bis zur Höhe gl zu erheben, und es bleibt also nur dasselbe bis zur Höhe kl im Haarröhrchen stehen. Es folgt hieraus, daß immer gleich viel an der Höhe des Quecksilbers im Haarröhrchen fehlen wird, es mag so tief untergetaucht werden, als es will.

Münchenbrook a. a. O. in den Diss. phys. - experim. S. 303.

- 1) Je enger das gläserne Haarröhrchen ist, desto tiefer steht das Quecksilber, in welches dasselbe eingetaucht wird, darin, und es verhält sich die Höhe des Quecksilbers außer dem Haarröhrchen über die in demselben umgekehrt, wie die Durchmesser der Haarröhrchen.

Ich muß annehmen, daß die Erklärung, welche Lambert von dieser Erscheinung anführt, (a. a. O. S. 331.), nicht befriedigt. Ich will daher eine andere versuchen. Man kann sich vorstellen, daß das Quecksilber rund um das Haarröhrchen herum aus lauter Säulen bestehe, die die Grundfläche des Haarröhrchens haben, und die also der gleichen Höhe mit einander im Gleichgewichte sind. Nach dem in der vorigen Anmerkung Angeführten nun ist zur Trennung der Quecksilbertheilchen, die in das Haarröhrchen aufsteigen sollen, ein Druck nöthig, der durch die über kl (Fig. 26.) liegende Schicht bewirkt wird, die wir die Druck-Schicht nennen wollen, und die wir aus von gleicher Grundfläche mit der im Haarröhrchen beschriebenen denken können, und nach hydrostatischen Gesetzen denken müssen. Je kleiner nun der Durchmesser des Haarröhrchens ist, desto kleiner wird die Grundfläche der darin enthaltenen Quecksilbersäule seyn; folglich desto höher müßte die äußere benachbarte Druck-Schicht von gleicher Grundfläche seyn müssen, um durch einen gleichen Druck das Quecksilber in dem Zusammenhang zu zertheilen, der das Eindringen desselben in das Haarröhrchen hindert. Ist der Durchmesser des Haarröhrs noch einmal so klein, so ist die Grundfläche viermal kleiner, folglich müßte die Höhe einer auswendigen Druck-Schicht lk , lg , von gleicher Grundfläche, viermal höher seyn, um ein gleiches Gewicht zu haben. Aber bey dem halb so großen Durchmesser wird die

die Vertikale nur halb so groß, folglich auch die Menge der zu trennenden Quecksilbertheile halb so groß seyn; die Trennung des Zusammenhanges der letztern ist aber das Hinderniß des Aufsteigens, folglich müßte hier der Widerstand nur halb so groß seyn, und das Quecksilber müßte durch gleichen Druck noch einmal so hoch hineindringen. Es wären diessernach die Höhen des Quecksilbers anwendig in einem zusammengekehrten Verhältnisse, nämlich des umgekehrten des Quadrats der Diameter und des geraden der Diameter der Haarröhren; folglich verhielten sie sich umgekehrt, wie die Diameter der Haarröhren.

§) Hieraus folgt denn nun, daß, so wie das Wasser zwischen zwey unter einem spitzen Winkel zusammengekehrten Glastafeln, die vertical ins Wasser gestellt werden, aufsteigt, und eine Hyperbel bildet (§. 161.), das Quecksilber zwischen diesen in dasselbe getauchten Glastafeln in der umgekehrten Stellung eine Hyperbel bilden müsse.

Muschenbroek intr. in philof. natur. 4. 1062. Tab. XXVI. Fig. 13.

§. 168. Wenn ein leicht beweglicher Körper auf einer Flüssigkeit schwimmt, die daran nicht zerfließt, und die Flüssigkeit in einem Gefäße enthalten ist, das davon naß wird, so wird der Körper vom Rande des Gefäßes mit einer desto größern Geschwindigkeit zurückgehen, je näher er dem Rande gebracht worden ist. Sät man, wenn der Körper in der Mitte ruhig liegt, einen andern Körper, der von der Flüssigkeit naß wird, in der Nähe des schwimmenden Körpers hinein, so wird der letztere sich davon abwärts bewegen.

Beispiel: Eine mit Fett bestrichene und mit Orlappsaamen bestreute hohle gläserne Kugel geht auf Wasser in einem Glase von der Wand zurück, gegen die man sie geführt hat. Liegt sie in der Mitte ruhig, und rührt man dem Finger in der Nähe derselben hinein, so bewegt sie sich vom Finger abwärts. Die Bewegung eines schweren Körpers auf der schiefen Ebene erklärt hier alles, wenn man zugleich erwägt, daß das Wasser an der Wand des Glases und am Finger höher steht, als weiter abwärts.

§. 169. So wie die verschiedenen ungleichartigen Körper nicht mit gleicher Kraft unter einander zusammenhängen (§. 147.), so zeigen auch die ver-

schie-

schiedenen ungleichartigen Bestandtheile der Körper selbst nicht eine gleich starke Anziehung unter einander; und die Erfahrung lehre, daß zwei verbundene und zu einem sich gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe dadurch getrennt werden können, wenn ein dritter Stoff dazu gesetzt wird, mit welchem einer von den beiden verbundenen stärker zusammenhängt, als sie unter sich selbst zusammenhängen.

§. 170. Man nehme diesemnach an, daß zu einem aus zwei ungleichartigen Bestandtheilen a und b zusammengesetzten Körper C ein anderer Stoff d gesetzt werde, mit welchem a stärker zusammenhänge als mit b, so wird sich natürlicher Weise a mit d vereinigen, und wenn diese Verbindung nun keine Anziehung mehr mit b hat, so wird b abgeschieden.

Beispiele: Setzt man zu einer Auflösung (C) aus Weingeist (a) und Harz (b), Wasser (d), so wird das Harz abgeschieden. Schüttet man zu einer Auflösung des arabischen Gummi in Wasser, Weingeist, so wird das Gummi abgeschieden. Vermischt man die Auflösung der Kalterde in Salpetersäure mit feuerbeständigem Alkali, so wird die erdte getrennt. Durch Kupfer trennt man das in Scheidewasser aufgelöste Quecksilber, durch Eisen das in Scheidewasser aufgelöste Kupfer.

§. 171. Es wird also hier durch die stärker oder schwächer wirkende Anziehung eine Trennung ungleichartiger Theile (§. 111.) bewirkt, die vorher ein homogenes Ganzes ausmachten, und durch äußere Gewalt nicht getrennt werden konnten, durch die man nur gleichartige Theile von einander absondern kann.

§. 172. Die Wirkung dieser den Stoffen in der Natur bewohnenden Kraft der Anziehung, vermöge

Inde welcher sich ungleichartige unter einander stärker oder schwächer anziehen, nennt man die **chemische Verwandtschaft** (*Affinitas chomica*), und man schreibt demjenigen Stoffe eine **nähere oder stärkere Verwandtschaft** mit einem andern zu, als mit einem dritten, der von jenem stärker angezogen wird, als von diesem.

§. 173. Man hat mehrere Arten der Verwandtschaften unterschieden, ohngeachtet es immer eine und eben dieselbe Kraft ist, die sie bewirkt, und die sich nur nach der verschiedenen individuellen Natur der Materie stärker oder schwächer, und nach Verschiedenheit der Umstände in gewissen Abänderungen zeigt. Sie lassen sich aber sämmtlich auf drey Arten zurückbringen.

§. 174. Die erste ist **Verwandtschaft der Zusammensetzung** oder die **mischende Verwandtschaft** (*Affinitas mixtionis, compositionis, synthetica*), wenn **zwey oder mehrere ungleichartige Stoffe** sich zu einem neuen völlig gleichartigen Ganzen vereinigen.

Beispiele: Gummi und Wasser,
Zucker und Wasser,
Salz und Wasser,
Wasser und Weingeist,
Oehl und Wachs,
Geschmolzenes Blei und Zinn,
Silber und Scheidewasser,
Treide und Essig,
Silber und Schwefel,
Silber und Gold,
Silber, Gold und Kupfer &c.

§. 175. Hierher gehört auch die **Neigung** (*Appropriatio*), wenn **zwey ungleichartige Stoffe**, die keine

keine zusammensetzende Verwandtschaft gegen einander äußern, durch Hülfe einer dritten Substanz, und mit dieser zusammen, in Verbindung treten, und sich zu einem homogenen Ganzen vereinigen.

Beispiele: Senes Oehl, Wasser, Alkali.
Schwefel, Wasser, Alkali.

Den so wenig, als die anziehende Verwandtschaft, ist die so genannte vorbereitende als eine eigne Art der Verwandtschaft zu unterscheiden.

§. 176. 2) Die einfache Wahlverwandtschaft (Affinitas electiva simplex) findet Statt, wenn zwei mit einander zu einem gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe durch einen hinzukommenden dritten getrennt werden, der einen von den beiden verbundenen stärker anzieht, als sie sich unter einander anziehen, und wobei der andere abgeschieden wird.

Beispiele:

Vorige Zusammensetzung.		
Salz.	Weingeist. Wasser.	Neue Zusammensetzung.
Vorige Zusammensetzung: (Alaun.)		
Thonerde.	Schwefelsäure. Gewachssalkali.	Neue Zusammensetzung.
Vorige Zusammensetzung. (Bleeglanz.)		
Bley.	Schwefel. Eisen.	Neue Zusammensetzung.

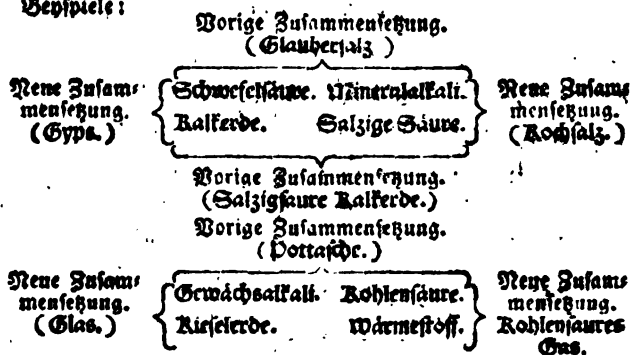
§. 177. Bis jetzt kennt man noch kein allgemeines Gesetz, wornach diese Wahlverwandtschaften geschehen; dazu haben wir noch nicht Data genug
5 gesamt

gesammelt. — Die Temperatur hat sehr viel Einfluß auf die Grade der Verwandtschaft.

Von den Graden der einfachen Wahlverwandtschaft.

§. 178. 3) Die dritte Art der Verwandtschaft ist die mehrfache Wahlverwandtschaft (Affinitas duplex, multiplex), wobei mehr als Eine neue Verbindung ungleichartiger Stoffe Statt findet, oder wenn zwei mit einander vereinigte Stoffe durch Hinzukunft zweier andern, (die unter sich verbunden, oder auch einzeln seyn können), vermöge der respectiven Anziehung zu denselben, getrennt werden, und wobei zwei neue Verbindungen entstehen.

Beispiele:



§. 179. Wenn eine Materie sich mit einer andern specifisch verschiedenen oder ungleichartigen dergestalt vereinigt, daß sie zusammen eine völlig gleichartige Masse ausmachen, in der wir die Theile der einen von den Theilen der andern nicht mehr zu unterscheiden vermögend sind, so nennt man dies eine Auflösung (Solutio).

§. 180. Hierbei nennt man gewöhnlich denjenigen von beiden Stoffen, welcher durch seine Flüssigkeit,

keit, oder durch seine Schärfe, oder durch seine Menge vorzüglich wirksam zu seyn, und den andern in seine vermeinten Zwischenräume aufzunehmen scheint, das Auflösungsmittel (Solvens, Menstruum); den andern aber, der sich mehr leidend zu verhalten scheint, den aufzulösenden Körper. Dieser Unterschied ist aber in der Wirklichkeit nicht gegründet, sondern beide Materien verhalten sich thätig. Um des Sprachgebrauchs willen kann man ihn indessen beibehalten.

§. 181. Bei jeder Auflösung wird nicht bloß der Zusammenhang der Theile des aufzulösenden Körpers aufgehoben, sondern dieser wird so mit dem Auflösungsmittel vereinigt, daß sie nun beide zusammen eine Masse ausmachen, die sich völlig gleichartig ist, und in welcher man auch mit dem besten Vergrößerungsglase nicht mehr die ungleichartigen Theile, die sich aufgelöst haben, von einander unterscheiden kann. Es muß also nothwendig eine wechselseitige Anziehung zwischen den Theilen des Auflösungsmittels und des aufzulösenden Körpers Statt finden, welche stärker ist, als die zwischen ihren respectiven gleichartigen Theilen selbst; oder die Verwandtschaft der sich auflösenden Körper muß größer seyn, als der Zusammenhang ihrer gleichartigen Theile.

§. 182. Zur vollkommenen Auflösung specifisch verschiedener Materien durch einander gehört, daß darin kein Theil der einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theile der andern von ihr specifisch unter-

schiedenen in derselben Proportion wie die Ganzen vereinigt wäre. Nun ist offenbar, daß, so lange die Theile einer aufgelösten Materie noch Klümpchen sind, nicht minder eine Auflösung derselben möglich sey, als die der größern, ja daß diese wirklich so lange fortgehen müsse, wenn die auflösende Kraft bleibt, bis kein Theil mehr da ist, der nicht aus dem Auflösungsmittel und der aufzulösenden Materie in der Proportion, worin beyde zu einander im Ganzen stehen, zusammengesetzt wäre. Weil also in solchem Falle kein Theil von dem Volumen der Auflösung seyn kann, der nicht einen Theil des auflösenden Mittels enthielte, so muß dies als ein Continuum das Volumen ganz erfüllen; eben so, weil kein Theil eben desselben Volums der Solution seyn kann, der nicht einen proportionirlichen Theil der aufgelösten Materie enthielte, so muß auch dieser als ein Continuum den ganzen Raum, den das Volumen der Mischung ausmacht, erfüllen. Wenn aber zwey Materien, und zwar jede derselben ganz, einen und denselben Raum erfüllen, so durchdringen sie einander, und also ist eine vollkommene chemische Auflösung eine Durchdringung der Materie, die allerdings eine vollendete Theilung ins Unendliche enthält. Ihre Unbegreiflichkeit ist auf Rechnung der Unbegreiflichkeit der unendlichen Theilbarkeit eines jeden Continuuums zu schreiben.

§. 183. Nach den Principien der atomistischen Naturwissenschaft würde es gar keine wahre Auflösung geben, sondern diese wäre doch nur immer Nebeneinanderstellung der kleinsten, ungleichartigen Theile.

Theile. Nach derselben würden überhaupt nur gemengte, nicht gemischte Körper (§. 113.) in der Wirklichkeit Statt finden.

§. 184. Das Volumen zweier Körper, die sich aufgelöst haben, ist gewöhnlich kleiner, als die Summe ihrer Volumina vor der Auflösung. Seltener erfüllt das neu entstandene Gemisch ein größeres Volumen, als seine Bestandtheile vor der Auflösung hatten. Beides giebt einen Beweis von der Abänderung, welche die anziehenden und abstoßenden Kräfte der Materien durch die wechselseitige Auflösung erlitten haben.

Beispiel:

1) Vor der Auflösung erfüllen, bey 60° Fahrh.:

100 Gr. Alkohol, vom eigenthüml. Gewichte = 0,825, ein Volumen = 100.

100 Gr. Wasser, vom eigenthüml. Gewichte = 1,000, ein Volumen = 82,5.

2) Nach der Auflösung erfüllen, bey gleicher Temperatur:

200 Gr. aus $\left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ Gr. Alkohol,} \\ 100 \text{ Gr. Wasser,} \end{array} \right\}$ vom eigenthümlichen Gewichte = 0,93002, ein Volumen = 177,41.

Also Verminderung des Volums = 5,09.

10. Dav. Hahn diss. de efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus. L. B. 1751. 4. De densitate mixtorum e metallis et semimetallis factorum, auct. Christ. Ehreg. Gellert, in den comment. acad. petrop. T. XIII. p. 382., übers. in Crells neuem chem. Archiv B. VI. S. 318. De densitate metallorum secum permixtorum, auct. Geo. Wolfg. Kraft, ebendasselbst T. XIV. p. 252., übers. ebendaf. S. 323. Versuche und Beobachtungen über die spezifische Schwere und die Anziehungskraft verschiedener Salzarten, — von Rich. Kirwan, a. d. Engl. von L. Crell. Berlin und Grettin 1783. ff. 8. Anmerkungen über die Gasprobe auf Zinn und Blei, von Axel Bergström; in den neuen schwed. Abhandl. B. I. 1780. S. 156., übers. in Crells neuesten Entdeckungen, Th. VIII. S. 162. Versuche über die Aenderungen der Dichtigkeiten bey Vermischung von Alkohol und Wasser, von Hrn. Gilm; in Grens neuem Journ. der Phys. B. II. S. 365. ff. Versuche über die

die Veränderung des Volums und über die Zerkleinerung der Gefäße, die bey der Krystallisation der Salze Statt hat, von Hrn. Vanquelin, ebendas. S. III. S. 31. ff.

§. 185. Die durch Auflösung entstandene Substanz besitzt andere Eigenschaften und zeigt eine andere Natur, als die einzelnen Stoffe, woraus sie besteht, und ist nun als eine neue, specifisch davon verschiedene, Materie anzusehen.

§. 186. Zwen feste Körper können sich einander nicht auflösen. Die Summe der Cohäsionskräfte ihrer gleichartigen Theile ist größer als die Summe ihrer Verwandtschaften. Schon in der ältern Chemie hatte man daher den Grundsatz: corpora non agunt, nisi fluida. Es muß also erst immer, wenigstens bey Einem Körper, die Cohäsion seiner gleichartigen Theile in einem hohen Grade vermindert, d. h., er muß flüssig gemacht werden, ehe eine Auflösung vor sich gehen kann.

§. 187. Man unterscheidet hiernach Auflösungen auf nassem Wege (Solutions humidae) und Auflösungen auf trockenem (Solutions siccae). Bey jenen ist von den sich auflösenden Substanzen wenigstens Eine schon an und für sich im tropfbar-flüssigen Zustande; bey diesen hingegen sind sie an und für sich fest, und sie müssen erst durch Schmelzen in den Zustand der Flüssigkeit versetzt werden, ehe sie sich auflösen können.

§. 188. Wenn ein flüssiges Auflösungsmittel von einem festen aufzulösenden Körper so viel in sich genommen hat, als es nur davon auflösen kann, so
sagt

sagt man: es sey gesättigt (*saturatum*). Die Verwandtschaft des ersten gegen die Theile des letztern hat alsdann ihre Grenzen. Sehr oft ist diese Sättigung nach der verschiedenen Temperatur außerordentlich verschieden.

§. 189. Wir merken hier noch den Unterschied zwischen partieller und totaler Auflösung. Bei der ersten wird nicht die ganze Materie, sondern nur der eine oder andere Bestandtheil derselben vom flüssigen Auflösungsmittel in sich genommen, mit Zurücklassung der übrigen, gegen die das letztere keine Verwandtschaft hat. So kann also auch die Auflösung zur Scheidung dienen.

Ein Beispiel giebt die Scheidung des Goldes vom Silber durch die Querc.

§. 190. Wenn hierbey der abgeschiedene Stoff, er sey einfach oder zusammengesetzt, bey der Temperatur, woben wir leben, die Aggregation der elastischen Flüssigkeit annimmt, oder luftförmig wird, so geht dann die Auflösung mit Geräusch und Aufschäumen vor sich, das man das Aufbrausen (*Effervescenzia*) nennt.

§. 191. Wenn der abgeschiedene Körper aus der Auflösung als ein fester Körper zum Vorschein kommt, so nennt man es Niederschlagung, oder Fällung (*Praecipitatio*); der auf diese Art abgeschiedene Stoff heißt ein Niederschlag (*Praecipitatum*), und der Körper, der wegen seiner nähern Verwandtschaft den Niederschlag bewirkt, das Fällungs- oder Niederschlagungsmittel (*Praecipitans*).

§. 192. Die Niederschlagungen geschehen bald durch einfache Wahlverwandtschaft, entweder so, daß das Auflösungsmittel mit dem Fällungsmittel näher verwandt ist, als mit dem aufgelösten Körper, und deshalb mit jenem zusammentritt und diesen fahren läßt; oder so, daß der aufgelöste Körper gegen das Fällungsmittel mehr Verwandtschaft hat, als gegen sein voriges Auflösungsmittel, und damit ein im letztern unauf lösliches Product bildet: bald durch eine doppelte Wahlverwandtschaft.

§. 193. Diesemnach sind die erhaltenen Niederschläge aus einer und derselbigen Auflösung verschieden, und man kann daher nach der Wahl des Fällungsmittels einen Körper aus einerley Auflösungsmittel unter sehr mannichfaltigen Gestalten niederschlagen.

§. 194. Die Niederschlagungen unterscheidet man übrigens auch, wie die Auflösungen (§. 187.), in Niederschlagungen auf nassem Wege, und Niederschlagungen auf trockenem Wege.

§. 195. Alle Niederschlagungen geschehen durch Wahlverwandtschaften, und es giebt im eigentlichen Sinne keine so genannte freywillige Niederschlagungen (*Praecipitationes spontaneae, spuriae*). Das wären Wirkungen ohne Ursach.

* * *

Torb. Bergmann de attractionibus electivis: in finem opusculi phys. chemicis. Vol. III. S. 291. ff. Des Herrn Guyton Morveau's allgemeine theoretische und practische Grundsätze der chemischen Affinität oder Wahlanziehung. A. dem Franz. von Daw. Jos. Veit, hera: gegeben von Sig. Fr. Hermbstädt. Berlin 1794. 8: Greus systematisches Handb. der Chemie. Th. IV. S. 144. ff.

Drittes Hauptstück.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen.

§. 196.

Jeder Körper, welcher unterstützt ist, drückt auf die Unterlage, welche ihn unterstützt, und fällt oder bewegt sich, wenn die Unterstützung weggenommen wird; in einer geraden Linie nach der Erde zu, ohne daß wir eine äußere Ursach dabey wahrnehmen, welche diese Bewegung hervorbrächte.

§. 197. Diese Richtung zeigt einen Faden an, woran ein Körper frey herabhängt. Eine Linie in dieser Richtung heißt eine *lotrechte*, *senkrechte* oder *verticale Linie* (*Linea verticalis*). Eine Ebene, worauf sie senkrecht ist, heißt eine *wasserrechte* oder *Horizontalebene* (*Planum horizontale*); und eine gerade Linie in dieser Ebene gezogen, eine *wasserrechte* oder *Horizontallinie* (*Linea horizontalis*).

§. 198. Dieses Bestreben der Körper, in senkrechter Linie gegen den Horizont sich von selbst zu bewegen, wenn sie nicht unterstützt sind, oder nach eben der Linie die Unterlage, worauf sie ruhen, zu drücken, heißt die *Schwere* (*Gravitas*).

§. 199. Da auf der Oberfläche einer Kugel keine andere Linie senkrecht steht, als diejenige, welche verlängert durch den Mittelpunkt der Kugel geht, so müßte auch, wenn die Erde eine kugelförmige Gestalt hätte,

die

die Directionslinie der fallenden Körper verlängert gegen den Mittelpunkt der Erde gehen. Da aber die Erde eigentlich keine Kugel, sondern ein Sphaeroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch ihr Centrum, in der Praxis aber können wir ohne merklichen Fehler hier die Erde als eine vollkommene Kugel, und wegen der großen Entfernung des Centrums derselben von der Oberfläche die Directionslinien der Schwere benachbarter Körper auch als parallel ansehen.

§. 200. Die Schwere ist eine stätig wirkende Kraft; denn wir nehmen ihre Wirkung, Druck und Fall der Körper, in jedem Augenblicke der Beobachtung und ununterbrochen wahr.

§. 201. Die Schwere ist eine Eigenschaft aller irdischen Körper, und durch sie wird erst die Verbindung derselben unter einander zu unserm Erdballe möglich. Durch sie sind aber auch große Weltkörper selbst zu einem Systeme verbunden.

§. 202. Die Erfahrung lehrt, daß die Schwere an einem und demselbigen Orte in einem Körper immer dieselbige, und eben so, daß ihre Richtung an einem und demselbigen Orte unveränderlich ist.

§. 203. Die Wirkungen der Schwere erfolgen so, wie sie durch die Wirkungen einer anziehenden Kraft des Erdkörpers gegen die einzelnen irdischen Körper erfolgen würden. Auch lehren die Beobachtungen der Astronomie, daß die Wirkung der allgemeinen Gravitation sich umgekehrt verhält wie das
Qua:

Quadrat der Entfernung der Mittelpuncte der gegen einander gravitirenden Weltkörper.

§. 204. In so fern die bisher betrachteten Wirkungen der Cohäsion und der Wahlverwandschaften von der anziehenden Kraft abhängen, die ursprünglich die Materie constituiren hilft, scheint es doch, daß wir die Schwerkraft, da sie nach ganz andern Gesetzen wirkt, nicht für identisch mit dieser ursprünglichen Grundkraft der Materie halten können. Die in der Entfernung wirkende Kraft der Schwere ist keine notwendige, mit dem Begriffe der Materie unzer trennlich verknüpfte, Eigenschaft; ja, die Erscheinungen einiger Materien berechtigen uns, sie für völlig schwerlos zu halten.

§. 205. In Ansehung der Ursach dieser Kraft haben sich die Weltweisen von je her sehr viel gestritten, und haben gar nichts gewonnen. Alle diejenigen, welche die Schwere von den Wirkungen einer andern subtilen Materie ableiten, wie Cartes, Huygens, Bälfinger, Krazenstein, le Sage, können bei allen mechanischen Erklärungsarten, von der Art und Weise der Bewegung dieser Materie, uns nicht befriedigen; und immer bleibt, außer andern Schwierigkeiten, dabei noch die Frage übrig: woher hat diese schwerermachende Materie ihre Kraft? Wir müssen eingestehen, daß wir von der Schwere an sich, als Ursach des Phänomens der Gravitation, gar nichts wissen. Wir sehen hier nur das Phänomen, und die Ursach davon liegt außer unserer Erfahrung.

Cartesii princip. philos. L. IV. prop. 19, 20. ff. Christi. Hugenii dial. de caussa gravitatis; in suis operibus reliq.

T. L. E. 91. ff. De crassa gravitatis physica generali disquisitione experimentalis, auct. Geo. Bernh. Buffinger, Paris. 1728. 4. Kratzensteins Vorlesungen über die Experimentalphysik. S. 60. Lucrèce newtonien, par Mr. le Sage, in den Mém. de l'acad. roy. des sc. de Berlin, année 1782. S. 404. ff.

§. 206. Die Erfahrung lehrt uns, daß verschiedene ungleichartige Körper von einem Umfang nicht gleich stark nach der Richtung der Schwere drücken. Die Größe dieses Drucks, den ein Körper äußert, heißt sein Gewicht (Pondus). Gewicht und Schwere müssen nicht mit einander verwechselt werden. Schwere ist die beschleunigende Kraft (§. 80.), in so fern sie auf jeden Theil der schweren Masse wirkt; Gewicht aber ist die bewogende Kraft dieser schweren Masse, oder das Product aus der beschleunigenden Kraft der Schwere durch die Quantität der davon afficirten Materie, oder durch die schwere Masse (§. 80.). Hieraus folgt denn, daß die beschleunigende Kraft der Schwere einer Masse gleich sey dem Gewichte derselben dividirt durch die schwere Masse.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der Schwere f und die Quantität der davon afficirten Materie M nennen, so ist das Gewicht der letztern, oder $P = f \cdot M$, und $P : p = f : M$

: $f \cdot m$. Ferner ist $f = \frac{P}{M}$.

In so fern die Schwere eine stetige Kraft ist, und eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt, und in so fern alle Theile einer Masse von der Schwere afficirt werden, lassen sich auch für die Beschleunigung schwerer Massen folgende Fälle annehmen:

- 1) Das Product aus dem Gewichte (P, p) durch die Zeit (T, t) ist gleich dem Producte der Masse (M, m) aus der Geschwindigkeit (C, c), oder $PT = MC$ und $PT : pt = MC : mc$.
- 2) Die Gewichte mit den Quadraten der Zeiten multiplicirt sind gleich den Massen mit den durchlaufenen Räumen (S, s), multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 125

3) Die Gewichte mit den Massen multiplicirt sind gleich den Massen mit den Quadraten der Geschwindigkeiten multiplicirt, oder $P\dot{s} = MC^2$, und $P\dot{s} : ps = MC^2 : mc^2$.

§. 207. Da die Schwere allen gleichartigen Theilen eines schweren Körpers eingepflanzt ist, so kann die beschleunigende Kraft an- und für sich weder vermehrt, noch vermindert werden, die Theile mögen vereinigt oder von einander getrennt seyn; das Gewicht hingegen ändert sich nach dem Unterschiede der Quantität der schweren Materie, woraus der Körper besteht.

Wenn wir die Quantität aller von der beschleunigenden Kraft der Schwere (f) afficirten Theile eines Körpers M nennen, und annehmen, daß ein Antheil m von dieser Masse wegggenommen wird, so wird das übrige Gewicht $p = f \cdot (M - m)$ kleiner seyn, als vorher P oder $f \cdot M$ war; die beschleunigende Kraft aber wird immer dieselbe bleiben, denn $\frac{f \cdot (M - m)}{M - m} = \frac{f \cdot M}{M}$.

§. 208. Wenn alle Materie schwer wäre, so wären wir berechtigt, anzunehmen, daß die Körper, welche mehr Gewicht haben, auch mehr Materie enthalten, oder dichter wären (§. 53.), und umgekehrt; und Masse (§. 49.) und Gewicht wären daher gleichbedeutend. Wenn es aber nicht schwere Materien gibt, so können dichtere Körper nur in so fern Körper schwererer Art, schwerartiger Körper (*Corpora specifico graviora*), und lockere, Körper leichter Art, leichtartiger Körper (*Corpora specifico leviora*) genannt werden, in wie fern jene bey einem Bolum mehr, diese aber weniger schwere Materie enthalten. Das Gewicht zeigt also nicht die Quantität der Materie, sondern nur die Quantität der von der Schwere afficirten Materie an (§. 53.).

§. 209.

§. 209. Das Gewicht eines Körpers an sich, oder die Ponderosität desselben, (wenn ich so sagen darf), läßt sich nicht bestimmen, sondern nur die Verhältnisse des Gewichts der Körper; und man muß daher, um anzugeben, welcher Körper schwerer und welcher leichter Art sey, das Gewicht eines andern Körpers zur Einheit machen. Im bürgerlichen Leben nennt man die zur Einheit angenommene Größe des Drucks eines Körpers selbst Gewicht, z. B. ein Centner, ein Pfund, ein Loth, u. dergl. Der Druck eines schweren Körpers gegen das, was ihn unterstützt, überhaupt betrachtet, ohne Rücksicht auf das Volum des Körpers, heißt sein **absolutes Gewicht** (*Pondus absolutum*).

§. 210. Wenn man zwei Körper in Ansehung ihres absoluten Gewichts gegen einander vergleicht, und ein gewisses bestimmtes Volum zum Grunde der Vergleichung setzt, oder ihre Volumina bei gleichem absoluten Gewichte mit einander vergleicht; so erhält man den Begriff von dem **eigenthümlichen Gewichte** (*Pondus specificum*), oder der **eigenthümlichen Schwere** (*Gravitas specifica*). Das eigenthümliche Gewicht eines Körpers bezeichnet also das Verhältniß der Quantität der schweren Materie eines Körpers zu einem andern, die in gleich großen Inbegriffen enthalten sind.

§. 211. Es fließen hieraus die Regeln:

- 1) Körper von einerley Volum verhalten sich in ihrem eigenthümlichen Gewichte wie ihre absoluten Gewichte.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen 127

Nennen wir die Volumina zweier Körper V, v , ihre absoluten Gewichte P, p , und das specifische Gewicht Z, z , und nehmen wir $V = v$, so ist $Z : z = P : p$.

- 2) Körper von einerley absolutem Gewichte verhalten sich in ihr m specifischen Gewichte um 1. Lebr wie ihr Volumina.

Wenn $P = p$, so ist $Z : z = v : V$.

- 3) Körper von ungleichem Volum und ungleichem absoluten Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte wie die Quotienten des absoluten Gewichts durch die Volumina.

Es ist überhaupt $Z : z = P : p = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$.

Freyer Fall schwerer Körper.

§. 212. Da die Schwere ununterbrochen und stetig auf die Körper wirkt, so viel wir aus Erfahrung wahrnehmen können (§. 200.), so kann auch die Bewegung, welche ein Körper durch die Schwere bey dem Falle erlangt, keine gleichförmige Bewegung seyn (§. 72.), sondern der fallende Körper muß zu der erhaltenen Geschwindigkeit in jedem unendlich kleinen Zeittheile einen Zusatz erhalten, und folglich mit einer in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beschleunigten Bewegung (§. 72.) fallen.

§. 213. Es lassen sich also die oben (§. 74 — 79.) angeführten Sätze von der gleichförmig beschleunigten Bewegung der Körper auf den Fall der schweren Körper anwenden. Es folgt aus dieser Anwendung: 1) daß die Räume, welche ein schwerer Körper bey seinem treyen Falle in gleichen auf einander folgenden Zeitelementen zurücklegt, sich verhalten

halten wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, u. s. f. (§. 78.) 2) daß sich die Räume, welche ein schwerer Körper vom Anfange seiner Bewegung an, durch den freyen Fall zurücklegt, wie die Quadrate der Zeiten, oder der am Ende des Falls erlangten Geschwindigkeiten (§. 79.), und 3) daß die Geschwindigkeiten am Ende des Falls sich wie die Quadratwurzeln der Räume verhalten.

Denn weil $S : t = T^2 : e^2$ (nach a) und $T : t = C : c$, so muß auch $C^2 : c^2 = S : s$, und folglich $C : c = \sqrt{S : s}$ seyn. Galilei hat diese Gesetze des freyen Falles schwerer Körper zuerst entdeckt, die Theorie hiervon entworfen, und durch Versuche mit dem Falle auf der schiefen Ebene zu bestätigen gesucht. M. s. dessen *Dialogus de motu locali*. L. R. 1699. 4.

Riccioli suchte die Wahrheit der galileischen Sätze mit seinem berühmten Ormaktin durch unmittlbare Versuche zu bestätigen. (M. s. Riccioli *almagestum novum*, L. II. Cap. ar. Fr. 24.) Er ließ Kugeln aus Kreide, die 2 Linzen moßen, durch genau gemessene Höhen bey einem gewissen Zeitmaße durch ein Pendul fallen, und er fand

in 1 Sec. 50 Tertien 10 Fuß (röm.) Fallhöhe.

1	50	40
2	30	90
3	20	160
4	10	250

erner

in 1 Sec.	15
2	60
3	135
4	240

Aber diese Resultate treffen obgeachtet des Widerstandes der Luft, auf welchen doch in der Theorie selbst keine Rücksicht genommen worden ist, so genau mit dieser selbst zusammen, daß schon deshalb mit Recht Mißtrauen in die Zuverlässigkeit der Beobachtung gesetzt werden kann.

Die vollkommenste Ueberzeugung gewähren die, mittels harter Weise durchs Pendul angestellten, Versuche, die in der Folge vorkommen werden.

§. 214. Da die Directionslinie der fallenden Körper auf die Erdoberfläche senkrecht steht (§. 199.),

so kann auch der Raum, den ein Körper bei dem Fallen durchläuft, durch die Perpendicularärlinie gemessen werden, welche durch den Mittelpunct der Erbkugel geht. Diese Perpendicularärlinie nennt man auch die Höhe der fallenden Körper. Sie ist daher der Raum, welchen ein fallender Körper durchläuft. Da sich bei dem Fallen der Körper die Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten oder der Geschwindigkeiten (§. 213.), so werden sich auch die Höhen so verhalten müssen. Wenn daher ein Körper in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe gefallen ist, so wird er in zwei Secunden viermal, in drei Secunden neunmal so tief gefallen seyn.

§. 215. Die Erfahrung lehrt, daß ein schwerer Körper bei seinem Falle in unsern Gegenden in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 parisi. Fuß oder 2173,63 parisi. Linien, oder 15,625 rheinländischen Fuß = 15625 Tausendtheilen eines rheinländischen Fußes durchlaufe.

Diese Fallhöhe in der zur Zeitelpunkt genommenen Zeitsecunde hat Huygens mittelbarer Weise durchs Pendul beobachtet. (*Horologium oscillatorium*. Paris 1673. Boh. T. IV. pr. 26.)

Die Quadratwurzel von 15625 ist 125.

§. 216. An einem Ort sind die Beschleunigenden Kräfte bei dem freien Falle der schweren Körper einerley, ihre schwere Masse mag seyn wie sie will. Die Masse der fallenden Körper kann hier gar nichts zu ihrer Geschwindigkeit bei dem freien Falle beitragen, wie es wohl sonst scheinen möchte. Nur bei dem Falle in einem widerstandleistenden Mittel, z. B. in Luft, Wasser, u. dergl., wird freylich der

- Körper, der den gleichen Geschwindigkeit weniger Masse, und also weniger Gewalt hat, einerley Widerstand mit der geringen Kraft nicht überwinden, den ein anderer mit größerer Kraft überwindet. Ein jeder wird hingegen zugeben, daß in einem freyen Mittel mehrere gleichartige Theile eines Körpers mit gleicher Geschwindigkeit fallen. Warum sollten sie es aber nicht thun, wenn sie einzeln, und nicht zusammen verbunden wären? Alle Körper, große und kleine, leichte und schwere, fallen also, ohne Einfluß ihrer Masse, im freyen Mittel, gleich geschwind.

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 206.) Angeführten; und es ist $f = F$, weil $\frac{P}{M} = \frac{P}{m}$ oder $\frac{f \cdot M}{M} = \frac{f \cdot m}{m}$.

Aber nur für einerley F findet dieser Satz Statt, weil f oder die beschleunigende Kraft selbst nach dem Reqnator zu ab-, und nach den Polen hin zunimmt, wie nachher bemerkt werden wird.

§. 217. Da sich die lehre von der gleichförmig beschleunigten Bewegung auf den freyen Fall der Körper anwenden läßt, so folgt auch, daß ein schwerer Körper, der durch den Fall einen gewissen Raum von seiner Ruhe an durchläuft, nach Verlauf eines Zeittheils eine Endgeschwindigkeit erlangt, mit der er, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, in der eben so großen Zeit den doppelt so großen Raum gleichförmig zurücklegen würde.

§. 218. Da sich die Endgeschwindigkeiten schwerer fallender Körper verhalten wie die Quadratwurzeln der Räume (§. 213. 3.) oder der Höhen, so werden die Räume, welche die fallenden Körper vermittelst der Endgeschwindigkeiten in der Zeiteinheit für

für sich selbst ohne Schwere zurücklegen würden, die man auch die zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten nennt, sich wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen verhalten.

Wenn ein Körper in einer Zeiteinheit 15,625 F. durchläuft, so wird er am Ende dieser Zeit eine Geschwindigkeit haben, daß er in eben dieser Zeiteinheit einen Raum von $3 \cdot 15,625 = 31,250$ Fuß für sich selbst, ohne Schwere zurücklegen würde, oder die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit wird 31,250 Fuß sein. Wenn nun ein anderer Körper per 3 Sekunden fallen fällt, so wird, (nach §. 213. 1.), seine Fallhöhe $9 \cdot 15,625 = 140,625$ Fuß sein; am Ende dieser dritten Secunde wird die zu seiner Fallhöhe für die Zeiteinheit gehörige Geschwindigkeit $= \frac{2 \cdot 140,625}{3} = 93,750$

Fuß sein, oder er würde in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, den Raum von 93,75 Fuß, und in 3 Secunden den Raum von $3 \cdot 93,750 = 281,25$ Fuß alsbald zurücklegen. Es verhält sich aber $31,250 : 93,750 = 2 \cdot \sqrt{140,625} : 2 \cdot \sqrt{140,625} = 2 \cdot 125 : 2 \cdot 375 = 25 : 75 = 1 : 3 = 1 \cdot 31,250 : 3 \cdot 31,250 = 31,250 : 93,750$, also wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen.

§. 219. Man findet also die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum des Raumes, den der Körper nach der Zeiteinheit zurückgelegt hat, mit der Anzahl der verfloffenen Zeiteinheiten multiplicirt.

Wenn ein Körper in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, 15,625 Fuß fällt, so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit 31,250 Fuß, und wenn er drei Zeiteinheiten, oder drei Secunden fällt, so ist diese $93,75 = 3 \cdot 31,250$ Fuß.

§. 220. Hieraus fließt ferner die kurze Regel zur Bestimmung der zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten, d. h., der Räume, welche die Körper nach dem Falle aus einer gewissen Höhe in der Zeiteinheit gleichförmig zurücklegen würden, wenn die Schwere nicht weiter auf sie wirkte: Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeiteinheit

einheit beschriebenen Raume, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel; diese doppelt genommen, ist die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit.

Wenn wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V und die Höhe S nennen, und eine Secunde zur Zeiteinheit nehmen, so ist

$$V = 2 \sqrt{(15,625 \cdot S)} = 250 \cdot \sqrt{S}.$$

Wenn ein Körper 1000 rheinländische Fuß hoch herabfällt, so würde die dazu gehörige Geschwindigkeit am Ende des Falles in der Zeiteinheit, oder Einer Secunde, seyn $= 2 \sqrt{(15,625 \cdot 1000)} = 2 \cdot 125 = 250$ Fuß.

Wenn also ein Körper eine Secunde lang, oder 15,625 Fuß hoch, und ein anderer 1000 Fuß hoch herabfällt, so verhalten sich die zu diesen Fallhöhen gehörigen Geschwindigkeiten, $V : v = 2 \sqrt{(15,625 \cdot 15,625)} : 2 \sqrt{(15,625 \cdot 1000)} = 2 \cdot 15,625 : 2 \cdot \sqrt{15625} = 2 \cdot 15,625 : 2 \cdot 125 = 31,250 : 250 = 1 : 8$; oder es ist $V : v = 250 \cdot \sqrt{15,625} : 250 \cdot \sqrt{1000} = 250 \cdot 125 : 250 \cdot 1000 = 1 : 8$.

§. 221. Da die Größe der Bewegung eines durch eine stetige Kraft getriebenen Körpers wächst, so wie die Geschwindigkeit zunimmt, und die Gewalt oder die Größe des Widerstandes aus Masse und Geschwindigkeit zusammen ermessen werden muß; so ist leicht einzusehen, daß die Gewalt fallender Körper während des Fallens beständig zunehmen, und sich überhaupt bei gleichen Massen wie die Endgeschwindigkeit oder die Quadratwurzeln der Höhen verhalten muß. Ein Körper, der viermal so hoch herabfällt, wird also noch einmal so viel Gewalt haben, als ein anderer von eben dem Gewichte, und wenn er neunmal so hoch herabfällt, dreymal so viel Gewalt.

Besetzt, ein Körper fällt 15,625 Fuß hoch herab, und ein anderer von eben dem Gewichte fällt 625 Fuß, so verhalten sich ihre Höhen wie $1 : 4$, und ihre Endgeschwindigkeiten wie $\sqrt{15,625} : \sqrt{625} = \sqrt{15625} : \sqrt{62500} = 125 : 250 = 1 : 2$, folglich wie die $\sqrt{1} : \sqrt{4}$ oder wie die Quadratwurzeln der Höhen. Da sich nun die Gewalt verhält wie die Endgeschwindigkeit, so wird sie sich auch wie die

Phänomen der Schwere im Allgemeinen 133

die Quadratwurzeln der Höhen verhalten müssen, wenn die Gewichte oder die schweren Massen gleich sind.

§. 222. Wenn zwei Körper von verschiedenen Höhen fallen, deren Endgeschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten wie die schweren Massen, so haben sie gleiche Gewalt.

Ein Gewicht von 3 Pf., das aus einer Höhe von 14,625 Fuß fällt, hat nicht mehr Gewalt als ein Gewicht von 1 Pf., das aus der Höhe von 14,625 Fuß fällt. Denn es sind hier Geschwindigkeit und Massen einander umgekehrt proportional, oder die Producte daraus sind gleich. Es ist nämlich die Endgeschwindigkeit von 3 Pf. $= \sqrt{15625} = 125$, und die von 1 Pf. $= \sqrt{15625} = 125$. Sie verhalten sich also wie $125 : 375 = 1 : 3$. Da nun die Größen der Bewegung gleich sind, wenn die Producte aus den Geschwindigkeiten in die Massen gleich sind, so ist auch hier gleiche Größe der Bewegung, weil $3 \cdot 1 = 1 \cdot 3$.

§. 223. Aus den allgemeinen Gesetzen der Beschleunigung schwerer fallender Körper (§. 213.) und dem Erfahrungssatze im §. 215. läßt sich leicht finden: 1) wie groß der Raum ist, den ein Körper in einer jeden gegebenen Secunde seines Falles durchfällt; 2) wie groß die Höhe ist, von der er herabgefallen ist, wenn die Zeit seines Falles bestimmt worden ist; und endlich 3) wie viel Zeit er gebraucht hat, wenn die Höhe gegeben ist.

Wenn wir die Zeit des Falles T , die zur Fallhöhe gebührige Geschwindigkeit V , und die Fallhöhe S nennen, so dienen folgende Formeln bequem zur Auflösung der Aufgabe, wobei der Werth der Fallhöhe in Tausendtheilen des rheinl. Fußes, die Zeit in Secunden genommen oder gefunden wird:

$$1) T = \frac{\sqrt{S}}{125} = \sqrt{\frac{S}{15625}}$$

$$2) V = 450 \cdot \sqrt{S} = 2 \cdot \sqrt{15625 \cdot S} = 2 \cdot (125)^2 \cdot T$$

(S. 218. 220.).

$$3) S = 125^2 \cdot T^2 = \frac{V^2}{2500}$$

Wenn durch die Erde hindurch ein Loch ginge, das gerade durch den Mittelpunct der Erde träte, und die beschleunigende Kraft der Schwere bliebe gleichförmig und es wäre kein Widerstand der Luft u. dergl. da; so würde ein

ein schwerer Körper, der durch dieses Loch durchfiel, wenn wir den Halbmesser der Erde 19614800 parisi. Fuß annehmen, in $\sqrt{\frac{19614800}{15,094662}}$ oder nahe 1240 Sekunden oder 19 Minuten den Mittelpunkt der Erde erreichen; aber er würde, nach §. 226, hier nicht stehen bleiben, sondern durch die in dieser Fallhöhe erlangte Geschwindigkeit auf der andern Seite eben so hoch in die Höhe steigen, und von da wieder bis ganz herauf zurückgehen, und dies beständig so fort.

§. 224. Je länger der Fall eines Körpers dauert, je mehr nähert sich seine Bewegung der Gleichförmigkeit.

§. 225. Wenn ein Körper durch irgend eine Kraft in lothrechter Richtung in die Höhe getrieben wird, so wirkt die Schwere seiner Bewegung entgegen. Zwei einander entgegengesetzte Kräfte aber vernichten sich; und wenn daher die Kraft, welche den Körper in die Höhe treibt, so groß ist, als die bewogende Kraft der Schwere, so kann gar keine Bewegung erfolgen. Wird er aber durch eine größere Kraft mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Höhe getrieben, so nimmt, weil die Schwere als eine stetige Kraft fortbauetnd wirkt, seine Geschwindigkeit eben so rückwärts ab, wie sie von der zu der Geschwindigkeit des Wurfs gehörigen Höhe wurde genommen haben. Der Körper steigt also mit einer gleichförmig verminderten Bewegung (§. 72.) in die Höhe, und seine Geschwindigkeit oder die Räume, welche er in gleichen Zeiten zurücklegt, verhalten sich wie die ungeraden Zahlen 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1.

§. 226. Ein Körper also, der durch eine Kraft lothrecht in die Höhe getrieben wird, steigt wegen der Schwere nur zu derjenigen Höhe hinauf, aus welcher

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 135

oder er bey dem Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen könnte, mit welcher er anfangs geworfen wurde.

§. 227. Bey der gleichförmig verminderten Bewegung gelten dieselbigen Gesetze, wie bey der gleichförmig beschleunigten. Wenn daher der Raum bekannt ist, den ein Körper in der ersten Secunde seines senkrechten Aufsteigens der Schwere entgegen zurücklegt, so läßt sich bestimmen: 1) die Geschwindigkeit, mit der er geworfen wird; 2) die Zeit, die er braucht, um seine ganze Wurfgeschwindigkeit zu verlieren; und 3) die Höhe, zu der er aufsteigt, ehe er seine ganze Geschwindigkeit verliert.

Gesetz, ein Körper steigt in der ersten Zeitssecunde seines lothrechten Wurfs 9 . 15,625 Fuß = 140,625 Fuß hoch auf, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und 5² . 15,625 = 390,625 Fuß hoch steigen. Denn

in der 1ten Secunde steigt er 9mal 15,625 F. = 140,625 F.	
2ten " " " 7 " 15,625 " = 109,375 "	
3ten " " " 5 " 15,625 " = 78,125 "	
4ten " " " 3 " 15,625 " = 46,875 "	
5ten " " " 1 " 15,625 " = 15,625 "	
folgl. in 5 Secunden " 25mal 15,625 " = 390,625 "	

Fall auf der schiefen Ebene.

§. 228. Auf einer festen wagerechten Ebene liegt ein schwerer Körper völlig ruhig, wenn diese Ebene die Directionslinie des Falles seiner Masse lothrecht unterstüßt. Eine Ebene aber, welche mit einer Horizontalebene einen schiefen Winkel macht, und eine *schiefe, geneigte oder inclinirte Ebene* (Planum inclinatum) genannt wird, hält nur einen Theil dieses Druckes auf, ein anderer Theil treibt den Körper längs der Ebene herab.

Eine

Eine Kugel rollt auf einem schiefen Brette herab; ein Würfel gleitet darauf herab. Nöthige Erinnerung wegen der Friction.

Es sey CB (Fig. 29.) eine geneigte Ebene im Durchschnitte, die unter dem Winkel CBA gegen den Horizont AB geneigt ist. CA ist ihre Höhe, und CB ihre Länge. Auf dieser geneigten Ebene befinde sich eine schwere Kugel M, in deren Mittelpunkt f wir uns ihre Schwere vereinzelt denken können. Die Directionslinie des Falles ist nun fo , und weil diese nicht von der Ebene CB unterstützt wird, so muß die Kugel herabfallen; aber nicht mit der ganzen bewirkenden Kraft, sondern nur mit einem Theile derselben; wie aus der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) folgt. Die Kraft der Schwere, die in der Direction fo wirkt, läßt sich zerlegen in die Kräfte fg und fb ; und fo ist die Diagonale des Parallelogramms, das auf die Seitenkräfte fb und fg aufgesetzt ist. fg steht senkrecht auf CB, und kann also, weil CB vollkommen widerstehend angenommen wird, keine Bewegung der Kugel M hervorbringen; es bleibt folglich nur der Theil fb übrig, der, weil er parallel mit der Ebene CB läuft, von der Ebene keinen Widerstand erleidet, und folglich die Kugel längs der Ebene herabgehen nöthigt.

§. 229. Je größer die Neigung der schiefen Ebene gegen die Horizontalebene wird, um desto mehr wird der Körper von ihr unterstützt, mit desto geringerer Gewalt fällt folglich der Körper auf ihr herab. Je kleiner aber ihre Neigung gegen den Horizont wird, mit desto größerer Gewalt wird der Körper von ihr herabgetrieben.

Je kleiner der Neigungswinkel CBA (Fig. 29.) wird, um desto mehr nähert sich fo der senkrechten Richtung auf CB, oder um desto mehr kommt fg der Richtung fo näher, folglich desto kleiner wird fb , oder die Kraft, mit der der Körper auf der Ebene herabfällt.

Je größer CBA wird, desto größer wird fb .

§. 230. Die Kraft fb (Fig. 29.), welche den schweren Körper M längs der geneigten Ebene CB herabzuziehen nöthigt, heißt das relative oder respectve Gewicht des Körpers. Denn das absolute Gewicht (§. 209.) desselben wird nur durch den lothrechten Druck fo bestimmt.

§. 231.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 137

§. 231. Die Kraft, welche erforderlich ist, um die Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Fläche aufzuhalten, braucht natürlicher Weise nicht so groß zu seyn, als sein absolutes Gewicht. Sie ist um desto kleiner, je mehr die Ebene geneigt ist; um desto größer, je weniger diese geneigt ist.

Die Kraft, welche nöthig ist, um das Herabrollen von M (Fig. 29.) auf der schiefen Ebene CB zu verhindern, braucht nur der Kraft F_b , die kleiner ist als F_a , Widerstand zu leisten, weil F_g an der Ebene CB Widerstand findet.

§. 232. Ueberhaupt verhält sich das relative Gewicht eines Körpers (§. 230.), das den Körper längs der schiefen Ebene herabtreibt, zu seinem absoluten Gewichte, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Beweis mit dem Plano inclinato.

Wenn wir das relative Gewicht eines Körpers p , das absolute P , die Länge der schiefen Ebene L und ihre Höhe A nennen, so ist $p : P = A : L$, folglich $p = P \times \frac{A}{L}$.

und überhaupt für verschiedene Ebenen $p : \pi = \frac{A}{L} : \frac{a}{l}$.

Es ist nämlich das Dreieck scb dem Dreiecke CBA ähnelich, weil der Winkel scb dem Winkel CBA , und der Winkel scb dem Winkel ACB gleich ist. Es verhält sich demnach $scb : cb = CA : CB$, oder das relative Gewicht p zum absoluten Gewichte P , wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB .

Weil ferner in jedem Dreiecke die Seiten bey Einem der Winkel proportional sind, so ist auch das relative Gewicht p gleich dem absoluten Gewichte P mit dem Neigungssinus multipliziert, oder:

$$p = P \times \sin. I.$$

§. 233. Ein schwerer Körper fällt auf der schiefen Ebene nach denselbigem Gesetze, wie bey dem freien Falle; seine Bewegung ist ebenfalls eine gleichförmig beschleunigte, und die längs der schiefen Ebene zurück:

zurückgelegten Wege verhalten sich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verfloffenen Zeiten. Die beschleunigende Kraft der Schwere ist aber dabei vermindert, und sie verhält sich zur unverminderten Kraft der Schwere wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der relativen Schwere ϕ und die der absoluten f nennen, so ist $\phi : f = A : L$, und überhaupt $\phi = \frac{f \cdot A}{L}$. Eben darin, daß die beschleunigende Kraft der Schwere auf der schiefen Ebene vermindert ist, ist der Grund zu suchen, daß das relative Gewicht kleiner ist, als das absolute. Denn wenn gleich die Summe der von der Schwere afficirten Theile oder M dieselbe bleibt, so muß doch das Product aus diesen Theilen durch die beschleunigende Kraft kleiner werden, wenn diese kleiner wird. Weil nämlich $\phi < f$, so muß $\phi \cdot M < f \cdot M$ oder $p < P$ seyn.

§. 234. Weil also die beschleunigende Kraft der Schwere bey dem Falle auf der schiefen Ebene vermindert wird, so wird auch der Raum, den ein Körper in der Zeiteinheit auf der schiefen Ebene zurücklegt, kleiner seyn, als die senkrechte Fallhöhe in dieser Zeiteinheit; und es wird sich der Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer gewissen Zeit zurücklegt, zu dem Raume des freyen Falles in eben dieser Zeit verhalten wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wegen der größern Zeit, die also ein Körper braucht, um gleiche Räume auf der schiefen Ebene, als bey dem freyen Falle zurückzulegen, lassen sich auch die Zeiten des Falles auf der geneigten Ebene bequemer beobachten; und so bediente sich Galilei dieses Verfahrens, um die von ihm entdeckten Gesetze des Falles schwerer Körper zu bestätigen (§. 213.). S. dessen *Dialogi de motu locali* III. S. 53.

Setzt, daß die Ebene CB eine Länge von 25 Fuß bey einer Höhe CA von 2½ Fuß hätte, so würde die von der relativen Schwere herrührende beschleunigende Kraft zum absoluten sich verhalten, wie 2½ : 25 = 1 : 10. Die beschleunigende Kraft der relativen Schwere würde diesem nach

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 139

nach dem Körper $\frac{14,625}{10}$ Fuß = 1,4625 in der Secunde herabtreiben; und es würden, (nach §. 232. 2.), $\sqrt{\frac{25}{1,4625}}$ = $\sqrt{16}$ Secunden, oder 4 Secunden Zeit verfließen, ehe der Körper den ganzen Weg auf der schiefen Ebene zurückgelegt hätte.

§. 235. Da die senkrechte Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeiteinheit bestimmt ist (§. 215.), so läßt sich auch der Raum bestimmen, den ein Körper in eben derselben Zeit, die er bei dem lothrechten Falle verwendet, auf einer gegebenen schiefen Fläche durchlaufen wird.

Es sey CB (Fig. 30.) eine schiefe Ebene, deren Höhe durch CA vorgerichtet ist. Wenn man nun aus dem rechten Winkel A, der durch die Höhe CA und die Horizontallinie AB gebildet wird, das Perpendikel AB auf die schiefe Ebene CB fällt, so wird der Körper, wenn er frey von C nach der Verticallinie CA herabfällt, diese ganze Höhe CA bei dem freyen Falle in eben der Zeit durchlaufen, in der er bei dem Falle auf der schiefen Ebene vom Scheitel C nach E gelangt. Denn es verhält sich (§. 234.) der Raum, den der Körper in einer Zeit auf der schiefen Ebene zurücklegt, zur freyen verticalen Fallhöhe, wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB. Es ist aber CF: CA = CA: CB, weil die Perpendikellinie AF zwei ähnliche Dreiecke CAF und CBA giebt, woraus man die Proportion CA: CB = CF: CA bekommt.

Wird der Neigungswinkel der Ebene größer, und um CGA, so würde der Körper den Theil CH > CF in eben der Zeit auf der schiefen Ebene CG zurücklegen, da er bei dem verticalen Falle im freyen CA durchlaufen würde.

Wenn also drei Körper zu gleicher Zeit von einem und demselben Punkte C ausgingen, der eine nach der Richtung CA, der andere nach der Richtung CG, und der dritte nach der Richtung CB, so würden sie zu einerley Zeit, der erste in A, der zweyte in H, und der dritte in E anlangen.

§. 236. Man beschreibe auf der gemeinschaftlichen Höhe der beyden schiefen Flächen CB und CG (Fig. 31.) einen Kreis, der die Höhe CA dieser Flächen zum Durchmesser hat, so werden CF und CH Sehnen

Sehnen dieses Kreises seyn, und nach dem vorhergehenden §. wird der schwere Körper diese Sehnen in eben der Zeit durchlaufen, da er den verticalen Durchmesser CA durchläuft. Es läßt sich dies von jeder andern Sehne dieses Kreises beweisen, und folglich der Satz annehmen: daß ein schwerer Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Halbkreises bewege, die Sehnen im Halbkreise in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises bey dem freyen Falle durchlaufen wäre.

Sigaud a. a. O. I. §. 213.

§. 237. Ein Körper, der sich längs der schiefen Fläche CB (Fig. 30.) bewege, hat am Ende seines Falles in dieser geneigten Richtung eben die Geschwindigkeit, die er erhalten würde, wenn er von der lothrechten Höhe CA dieser Fläche herabgefallen wäre.

Wenn z. B. CB 3mal länger wäre, als CA, so würde die beschleunigende Kraft der relativen Schwere, (nach §. 233.), $\frac{1}{3}$ der absoluten oder lothrechten seyn, und der Körper würde in der ersten Secunde $\frac{15,625}{5} = 3,125$ Fuß darauf herabfallen, und in derselben eine Geschwindigkeit von $2 \cdot 3,125 = 6,250$ Fuß erlangen. Wenn nun CB 28,125 Fuß lang wäre, so würde die Zeit, um diese ganz zu durchlaufen, $\sqrt{\frac{28,125}{3,125}} = 3$ Secunden betragen (§. 223. Num.); und die in dieser Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit würde, (nach §. 219.), $3 \cdot 6,250 = 18,750$ Fuß seyn.

Da wir CA $\frac{1}{3}$ der Länge CB angenommen haben, so wird die Höhe CA $3,625$ Fuß, und die Zeit, diese lothrechte Höhe zu durchfallen, wird $\sqrt{\frac{3,625}{15,625}} = 0,6$ Secunden seyn. Binnen 0,6 Secunden wächst aber die Geschwindigkeit bey dem lothrechten Falle auf $0,6 \cdot 31,250 = 18,750$ Fuß, also eben so viel, als vorher, an.

Karstens Lehrbegriff der ges. Mathem. Th. I. B. II. §. 60. der Mechanik.

§. 238. Wenn ein schwerer Körper auf mehreren an einander hängenden schiefen Ebenen hinunter fällt, so daß er bey dem Uebergange von der einen zur andern nichts von seiner erlangten Geschwindigkeit durch eine andere Ursach verliert, so hat er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit, als er erlangt haben würde, wenn er nach der lothrechten Richtung in der Höhe von dem Scheitel der ersten schiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten herabgefallen wäre; oder als ob er auf einer schiefen Ebene, die von dem Scheitel der ersten bis zum untersten Punkte der letzten gezogen ist, herabgesunken wäre.

Es bewege sich ein schwerer Körper durch die an einander gränzenden schiefen Ebenen (Fig. 32.) AB, BC und CD, so ist am Ende der ersten Ebene AB seine darauf erhaltene Geschwindigkeit eben so groß, als ob er vertical durch AE fielen (§. 237.). Wenn er die Ebene BC durchläuft, so ist seine erlangte Geschwindigkeit so groß, als ob er die senkrechte Höhe dieser Ebene BK = BH durchfallen wäre, und bey seinem Fallen auf der dritten schiefen Ebene wird er die Geschwindigkeit erhalten, als ob er durch die Höhe derselben CG = HI gegangen wäre. Seine erlangten Geschwindigkeiten auf diesen schiefen Ebenen sind also gleich den durch die Höhen AE + BH + HI bey dem senkrechten Falle erlangten Geschwindigkeiten. Diese Höhen machen aber zusammen die lothrechte Linie AI vom Scheitel A der ersten schiefen Fläche bis zur Grundlinie der letzten aus. Eben diese Geschwindigkeit würde, (nach §. 237.) der Körper auch erhalten, wenn er längs AD herabfiel.

Sigand a. a. O. I. §. 217.

§. 239. Hieraus folgt denn auch, daß ein schwerer Körper, der in einer krummen Linie hinabfällt, am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangt, als wenn er von dem Punkte an, von dem er sich zu bewegen anfängt, lothrecht auf die Horizontalinie, die durch den untersten Punkt der krummen Linie gezogen werden kann, herabfiel, oder auch als wenn er durch die Chorde des Bogens niederginge.

Jede

Jede krumme Linie läßt sich nämlich so ansehen, als ob sie aus unendlich kleinen, einen Winkel einschließenden, geraden Linien bestünde, und also als die Durchschnittslinien an einander aneinander schiefer Ebenen. Folglich wird sich auch der vorige Satz (§. 238.) darauf anwenden lassen. Gesezt, der Körper fällt in den krummen Linie ABCD herab, so wird er diesemnach in D die Geschwindigkeit erlangt haben, die er durch den isobrechten Fall von $AI = AD$ oder auch durch die Chorde AD des Bogens ABCD erhalten würde. (Fig. 32.)

§. 240. Wenn ein schwerer Körper durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden ist, und eine schiefe Ebene hinaufwärts zu gehen genöthigt wird, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es wird nach dem bisher Vorgetragenen alles das, was oben von dem senkrechten Aufsteigen schwerer Körper (§§. 223 — 227) gesagt worden ist, sich in Beziehung auf die schiefe Ebene anwenden lassen.

Kapitels Anfangsgr. d. Naturw. I. 77. 78.

Pendelschwingungen.

§. 241. Ein schwerer Körper, der an irgend einer Stelle, die nicht mit seinem Schwerpunkte übereinkommt, an einem festen Punkte so aufgehängt wird, daß er sich um diese Stelle frey drehen kann, heißt ein Pendel (Pendulum).

• Eine Kugel, die an einem zarten Faden hängt; eine Stange, die oben um einen Stiff beweglich ist, oder an einem biegsamen Metallplättchen befestigt ist, können Beispiele abgeben.

§. 242. Wir können uns vorstellen, daß zwar der Punkt B (Fig. 33.) von der beschleunigenden Kraft der Schwere getrieben werde, daß aber die Linie CB, durch die er an dem Punkte C aufgehängt ist,

ist, selbst nicht schwer und doch unbiegsam sey. Ein solches eingebildestes Pendel heißt dann ein einfaches oder mathematisches Pendel (*Pendulum simplex*). Ein zusammengesetztes Pendel (*Pendulum compositum*) hingegen ist ein solches, wenn mehrere schwere Punkte an der nicht schweren Linie über einander aufgehängt angenommen werden, oder wenn diese Linie selbst schwer ist.

§. 243. Wenn das durch die Schwere afficirte Pendel ruhen soll, so kann es nur in der Lage seyn, worin die Richtung des Fadens auf dem Horizonte senkrecht ist; oder sich selbst überlassen kann es nur dann ruhen, wenn sich kein Schwerpunkt gerade unter dem Aufhängungspuncte in der lothrechten Linie durch diesen Punct befindet.

§. 244. Wird das Pendel aus der lothrechten Lage gebracht, und sich selbst überlassen, so fällt es in einem Kreisbogen wieder hinab. Ist es nun wieder bey diesem Hinabfallen zur senkrechten Richtung gekommen, so hat es durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, als ob es von dem Puncte an, von dem es zu fallen anfing, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, herabgefallen wäre (§. 239.); es muß also mit der erlangten Geschwindigkeit auf der andern Seite wieder im Bogen eben so hoch steigen, wo es sich dann endlich wie vorher in eben denselbigen Umständen befindet, und daher wie das erste Mal den Bogen in umgekehrter Richtung durchlaufen, und sich also beständig hin und her bewegen

wegen ausß. Diese abwechselnde Bewegung nennt man eine Schwingung oder Vibration des Penduls (Oscillatio, Vibratio penduli).

Es sey CB (Fig. 39.) ein einfaches Pendul, und der Punct B werde von der Schwere afficirt. Gesezt, es wird das Pendul aus der verticalen Lage in die geneigte Cb gebracht, und sich selbst überlassen, so muß es ja von selbst in Bewegung kommen, weil der schwere Punct nicht mehr lothrecht unterstützt ist. Der schwere Punct gravitirt in der Richtung bq, und der Faden widersteht in der Richtung Ch. Man verlängere Ch nach r, setze sb auf Ch senkrecht, ziehe qr mit sb, und sq mit br parallel, so wirkt die Gravitation eben so, als wenn sie der Erfolg zweyer anderer Kräfte bf und br wäre, die sich gegen die Kraft der Schwere des Punctes, wie die Seitenlinien bf und br des Parallelogramms, das darauf errichtet ist, zur Diagonallinie bq verhalten. Die Kraft br kann keine Bewegung hervorbringen, da ihr der Faden bc vollkommen widersteht, und sie kann nur den Faden dehnen; es kann also nur die Kraft bf wirken, und Bewegung hervorbringen. Da aber der Faden den schweren Punct immer in gleicher Entfernung von C erhält, so wird der bewegte Punct von der Richtung der Tangente bf beständig abgelenkt und genöthigt, einen Kreisbogen zu beschreiben.

Gesezt, der schwere Punct ist bey dieser Kreisbewegung bis m fortgerückt, so wird, weil die Gravitation sich gleich bleibt, und also $mq = bq$ angenommen werden muß, auf kleiner werden, als bf war, und diese Seitenlinie mf wird immer um desto kleiner werden müssen, je näher der schwere Punct der niedrigsten Stelle B kommt. Der Druck nach bf ist also eine veränderliche Größe, und verschwindet ganz, wenn der schwere Punct in B anlangt. Dieser wird also durch eine veränderliche Kraft beschleunigt, und weil sie in der Richtung der Tangente immer mehr und mehr abnimmt, so wird auch die in gleichen Zeiträumen hinzu kommende Vermehrung der Geschwindigkeit immer geringet, bis sie endlich ganz wegfällt, wenn der schwere Punct in B angelangt ist. In diesem Augenblicke aber hat er durch den Fall in der krummen Linie bB im Ganzen eine Geschwindigkeit erlangt, als er durch den Fall von A in lothrechter Richtung nach B erhalten haben würde (§. 239.), und der schwere Punct krebt folchergestalt, nach der Tangente von B weiter in der horizontalen Richtung mit der erlangten Geschwindigkeit fortzugehen. Da aber der Faden diese gerädblinige Richtung hindert, und ihn nöthigt, alle Augenblicke seine Richtung, die er nach der Tangente haben würde, zu ändern, so muß er wieder im Kreisbogen Bß steigen. Da er aber hier eine schiefe Fläche hinaufsteigt, so wird seine Geschwindigkeit eben so rückwärts abnehmen, als sie bey dem Falle von b nach B zunahm. Gesezt, er sey bis a gelangt, so wird mf hier die Kraft vorstellen, die

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 145

die der Bewegung des B nach β entgegen wirkt; diese Kraft wird an jeder Stelle der Bewegung von β nach β immer größer werden, je näher α nach β kommt, und in β so groß seyn, daß die durch den Fall von β nach β erhaltene Geschwindigkeit endlich ganz verschwunden ist, weil der schwere Körper nur zu derjenigen Höhe hinaufsteigen kann, aus der er bey dem Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen konnte, mit der er anfangs geworfen wurde (§. 226.). Auch ist leicht einzusehen, daß die steigende Bewegung von β nach β eben so viele Zeit erfordern werde, als übrig war, von β nach β zu fallen.

Lehrsatz. Anf. der Naturw. §. 21 — 23.

§. 245. Der Fall des Penduls (Fig. 33.) durch den Bogen $\beta\beta$, und das Aufsteigen durch $\beta\beta$, heißt ein halber oder auch ein einfacher Schwung (*Oscillatio dimidiata, simplex*); der Gang durch den ganzen Bogen $\beta\beta$ und der Rückgang von β bis β , oder bis zum vorigen Punkte, von dem es ausging, ist ein ganzer oder zusammengesetzter Schwung (*Oscillatio composita*). Schwingungen, die in gleichen Zeiten vollendet werden, heißen isochronisch (*Oscillationes isochronae*).

§. 246. Die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit, hängt von dreyerley Umständen ab, nämlich 1) von der Größe des Elongationswinkels βCB ; 2) von der Länge des Penduls, die bey dem einfachen Pendul von der Entfernung des Aufhängungspuncts C vom schweren Punkte B gerechnet wird; und 3) von der beschleunigenden Kraft der Schwere, die nicht an allen Stellen der Erdoberfläche gleich groß ist.

§. 247. Bey zwey Penduln, die gleichen anfänglichen Elongationswinkel (§. 246.) und gleiche Schwere, aber ungleiche Länge haben, verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln

R

der

der Längen, und folglich die Längen der Pendul wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten.

Wenn wir die Schwingungszeiten T, t , und die Längen des Pendul L, l , nennen, so ist

$$T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}, \text{ folglich}$$

$$T^2 : t^2 = L : l; \text{ also } L : l = T^2 : t^2.$$

Man setze nämlich zwei einfache Pendul (Fig. 34.), deren Längen BC und AC sind, und die bey gleichem anfänglichen Elongationswinkel $\angle BCB = \angle CA$ in Bewegung gesetzt werden. Die respectiven Bögen BB und αA , die sie bey ihrem Schwunge beschreiben, sind die Räume, die sie durchlaufen. Da dies nun eben so eine beschleunigte Bewegung hervorbringt, als ob sie längs der Oberfläche des Hogens niederfielen (§. 236.), in diesem Falle aber sich die zurückgelegten Räume wie die Quadratzahlen der verfloffenen Zeiten verhälteln (§. 233.), so werden sich auch die Räume BB und αA so verhalten müssen. Es ist aber nach geometrischen Sätzen $BB : \alpha A = BC : \alpha C$. Da sich nun BB zu αA wie die Quadrate der Zeiten verhält, so wird auch $BC : \alpha C = T^2 : t^2$ seyn; BC und αC aber stellen die Längen der Pendul vor, also ist $L : l = T^2 : t^2$, und also $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l} = \sqrt{BC} : \sqrt{\alpha C}$. In der doppelten Zeit wird also der vierfache, in der dreypfachen Zeit der neunfache Raum beschrieben werden. Nun ist der Raum BB viermal so groß, wenn der Radius BC viermal so lang ist, und dieser vierfache Raum wird also in der doppelten Zeit beschrieben werden; der Schwung wird also doppelt so lange dauern, wenn die Länge des Penduls viermal, dreymal so lange, wenn die Länge neunmal größer ist, als die eines andern; also verhält sich die Länge der Pendul, wie die Quadratzahlen der Zeiten, worin sie schwingen, und folglich die Dauer der Schwingung, oder die Schwingungszeit, wie die Quadratwurzel der Länge.

Ein Pendul also, das zu Paris, um einen Schwung binnen $\frac{1}{2}$ Secunde zu vollenden, 9 Zoll 2½ Lin. pariß lang seyn müßte, muß, um eine Secunde zum Schwunge zu brauchen, 3 Fuß 8½ Lin. = 449,57 Linien, und um Schwingungen zu machen, die 2 Secunden dauern, 18 Fuß 10 Linien lang seyn.

§. 248. Die Anzahl der Schwingungen eines Penduls sind im umgekehrten Verhältnisse der Schwingungszeit, oder der Dauer der Schwingungen, und also auch im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Länge des Penduls.

Es ist nämlich die Zahl der Schwingungen (N, n) desto größer, je kleiner die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit,

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 147

gangszeit (T, t); folglich verhält sie sich verkehrt wie diese, oder es ist

$$N : n = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}.$$

Da sich nun die Schwingungszeiten verhalten wie die Quadratwurzeln der Länge (§. 247.), so werden sich auch die Zahlen der Schwingungen umgekehrt verhalten müssen, wie die Quadratwurzeln der Längen; diesemnach ist

$$N : n = \sqrt{\frac{1}{L}} : \sqrt{\frac{1}{l}}; \text{ und } N^2 : n^2 = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}.$$

Da $N = \frac{1}{T}$, so wird auch $\sqrt{\frac{1}{L}} = \frac{1}{T}$, und daher $T = \sqrt{L}$ seyn, wie es §. 247. giebt.

§. 249. Da ein durch die Schwere getriebener Körper die Chorde eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises beim freyen Falle durchlaufen wäre (§. 236.); so würde der schwere Punct, in der Zeit, da er durch die Chorde BB (Fig. 35.) geht, die doppelte Länge des Penduls $2BC = DB$ durchlaufen, und in der eben so großen Zeit, da er bey dem Hinaufsteigen durch Bd geht, abermals durch $2BC$ fallen, folglich in der Zeit eines ganzen Schwunges die achtfache Länge des in Chorden schwingenden Penduls durchlaufen. Wenn ferner ein Pendul sich nicht durch Kreisbogen, sondern durch ihre Chorden bewege, so würden alle seine Schwingungen isochronisch seyn (§. 236.).

§. 250. Wenn ein Pendul durch Kreisbogen unter verschiedenen Elongationswinkeln schwingt, so sind die Geschwindigkeiten, die es erlangt, wenn es bey dem niedrigsten Puncte angelangt ist, wie die Sehnen der durchlaufenen Bogen.

Ein Pendul CB (Fig. 36.) durchlaufe den Bogen BB , dessen Sehne die gerade Linie BB ist; man ziehe BE senkrecht auf CB , so ist die Geschwindigkeit bey dem Falle aus B in B gleich

gleich der aus E in B (§. 237.). Die Geschwindigkeit des Falles aus E nach B ist zu der aus D in B wie die Quadratwurzel von EB zu der von DB (§. 233. 3.), das ist, nach geometrischen Gründen, wie BS zu DB. Ferner liesse man αF senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit aus α in B so groß, als bei dem lotbrechten Falle durch FB. Die Geschwindigkeit des Falles aus FB aber ist zu der aus DB wie die Quadratwurzel von FB zu der von DB, das ist wie αB zu DB. Gesammtlich ist die Geschwindigkeit aus α in B zu der aus β in B wie die Chorde αB zu der Chorde βB .

§. 251. Die Bestimmung der Zeiten und ihrer Verhältnisse zu den Räumen bei dem Falle auf vorgeschriebenen krummen Linien würde hier zu weitläufig werden und mehr voraussetzen, als es hier thunlich ist; daher genügt es, nur die Resultate der Untersuchungen der Mathematiker über die Pendul anzuführen. Diese lehren nämlich, daß, wenn ein Körper (Fig. 36.) durch den Bogen BB eines Kreises fällt, welcher $DB = S$ zum Durchmesser hat, und, (nach §. 223. Anm.), die Zeit des Falles in der verticalen Richtung durch den Durchmesser durch $\sqrt{\frac{S}{g}}$ ausgedrückt wird, (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Raum bedeutet,) dazu eine Zeit erfordert werde, welche durch das Product der unendlichen Reihe $1 + \frac{1}{4} \frac{BE}{S} + \frac{1}{32} \frac{BE^2}{S^2} - - -$ in $\frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{S}{g}}$ angegeben wird, wo π die Eudolphischen Zahlen 3,141592 . . . für die Peripherie des Kreises vom Durchmesser 1 bedeutet. Durch den Quadranten GB wird die Höhe BE zu $BC = \frac{1}{2} S$; folglich verwandelt sich die Zeit des Fallens durch diesen Quadranten in

$$(1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \dots) \frac{1}{4} \pi \sqrt{\frac{S}{g}}$$

Da $\frac{1}{4} \pi = 0,785398 \dots$ mit jener Reihe multipliziert noch nicht völlig 1 giebt, so sieht man leicht, daß die Zeit des Fallens durch den Quadranten des Bogens kleiner ist als $\sqrt{\frac{S}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmesser DB. Da ein schwerer Körper die Sehne eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, als er durch den senkrechten Durchmesser des Kreises fällt (§. 236.), so ist auch die Zeit des Fallens durch den Quadranten GB kleiner, als durch die Sehne GB.

Wird nun der Bogen unendlich klein, und γB dafür angenommen, so verwandelt sich jene Reihe in 1, und die Zeit des Fallens durch denselben in $\frac{1}{4} \pi \sqrt{\frac{S}{g}}$, und daraus folgt denn der Satz: Die Zeit des Fallens in unendlich kleinen Bogen des Halbkreises verhält sich zur Zeit des lothrechten Fallens durch den Durchmesser des Kreises, wie der vierte Theil des Umkreises zu desselben Durchmesser.

Nennen wir also die Zeit des Fallens durch einen Halbkreis unendlich kleinen Bogen, t , und die durch den lothrechten Durchmesser, T , so ist $t : T = \frac{1}{4} \pi \sqrt{\frac{S}{g}} : 1 \cdot \sqrt{\frac{S}{g}} = \frac{1}{4} \pi : 1$, oder nahe wie 212 : 113, aber wie 0,785 : 1,000.

§. 252. Da alle Sehnen eines Halbkreises in eben der Zeit von einem schweren Körper durchlaufen werden, so wird auch die Bewegung durch die unendlich kleine Sehne γB so lange dauern, als der lothrechte

rechte Fall durch DB; folglich fällt der Körper durch den unendlich kleinen Bogen $\gamma\beta$ in kürzerer Zeit, als durch die verschwindende Sehne desselben: und es verhält sich die Zeit des Fallens durch den verschwindenden Bogen zur Zeit des Fallens durch die verschwindende Sehne ebenfalls wie der vierte Theil des Umkreises zum Durchmesser. Die Schwingungen durch Kreisbogen sind also schneller, als durch Sehnen.

§. 253. Wenn wir nun den Satz des §. 251: von der Zeit des Fallens in einem unendlich kleinen Bogen eines Halbkreises auf den ganzen Schwung eines Penduls anwenden, so wird die doppelte Länge des Penduls CB zu dem Durchmesser des Kreises genommen werden müssen, — indem der unendlich kleine Bogen $\gamma\beta$ einem Kreise vom Halbmesser CB zugehört. Da nun ein ganzer Schwung aus dem Falle in den Bogen $\gamma\beta$, dem Hinaufsteigen in einen eben so großen Bogen auf der andern Seite, und dem Rückgange von da bis γ besteht, also aus vier solchen Gängen, als der Bogen $\gamma\beta$ beträgt; so wird sich die fernnach die Zeit eines unendlich kleinen ganzen Schwunges zur Zeit des freyen Falles durch die doppelte Länge des Penduls wie der Umkreis zum Durchmesser verhalten.

$$\text{Es ist also } t : T = \pi \sqrt{\frac{s}{g}} : 1 \sqrt{\frac{s}{g}} = \pi : 1 = 3,1415926 \dots : 1,000000.$$

§. 254. Wenn die Schwingungsbogen von einer merklichen Größe werden, so wird auch die Zeit des

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 151

des Schwinges größer werden, und also nicht mehr in demselbigen Verhältnisse bleiben. Wenn indessen die Bogen sehr klein sind, so bleiben die Unterschiede sehr klein, und die Schwingungen des Penduls sind merklich isochronisch.

Folgende Tabelle zeigt die Verzögerung, die aus der Annahme der Schwingungsbogen bey einem und demselben Secundenpendel an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendul, das mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Annahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwinges bestimmt, und die Länge des Penduls zu 3 Fuß 3 Lin. (Paris.)

Einfacher Schwing.		Tägliche Verzögerung.
Zoll.	Linien.	Secunden.
0.	4.	0,1.
0.	3.	0,4.
1.	0.	1,0.
1.	4.	1,8.
1.	3.	2,8.
2.	0.	4,0.
2.	4.	5,5.
2.	3.	7,1.
3.	0.	9,0. u. f. w.

Wie man leicht weiter finden kann, wenn man die Zahl der Zoll mit sich selbst multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Wenn also ein Pendul nur in der Breite von 3 Linien, oder auf jeder Seite 4 Linien schwingt, so ist es kein wahres Secundenpendul, da es täglich $\frac{1}{2}$ Secunde zurückbleibt. Wenn aber die Bogen nur 24 oder 25 Linie beschrieben, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Milliontheilchen einer Secunde, oder in 21500 Jahren eine Secunde betragen.

De la Lande Calcul astronomique. à Paris 1762. p. 253.

§. 255. Wenn die Schwingen des Penduls, auch bey verschiedenem Elongationswinkel, von völli-
g gleicher Dauer, oder isochronisch seyn sollen, so muß es nicht in Kreisbogen, sondern in der Cycloide schwingen. Es läßt sich nämlich aus der Anwendung der angeführten Sätze vom Falle in krummen Linien auf die Cycloide erweisen, daß der Fall durch den
endli-

endlichen Bogen derselben eben so lange dauere, als durch den unendlich kleinen, weswegen sie eben die tautochronische Linie heißt. Daraus folgt denn der Satz: Die Zeit des ganzen Schwunges in der Cycloide, auch bey ungleichen Bogen, verhält sich zur Zeit des freyen Fallens durch die doppelte Länge des Penduls wie der Umkreis zum Durchmesser.

Hugenii horologium oscillatorium, P. II. pr. 25. Fritsch cosmographia. Mediol. 1774. Vol. I. introd. §. 25.

§. 256. Die bisher vorgetragenen Bestimmungen der Geschwindigkeit und Dauer der Pendelschwingungen gelten nur vom einfachen Pendul (§. 242.) im leeren Mittel. Ein zusammengesetztes Pendul ist jedes physische Pendel, das daher erst auf ein einfaches reducirt werden muß. Wird nämlich ein schwerer Körper an einem ebenfalls schweren Faden oder einer metallenen Stange so aufgehängt, daß das Ganze Schwingungen machen kann, so kann man die Länge desselben nicht für die Länge eines einfachen Penduls halten. Ein solches Pendul ist vielmehr aus vielen materiellen Puncten zusammengesetzt, die insgesamt schwer sind, und eine verschiedene Entfernung vom Aufhängungspuncte haben. Und eben deswegen nennt man es ein zusammengesetztes Pendul. Selbst eine kleine metallene Kugel, die an einem zarten Faden aufgehängt ist, ist als ein zusammengesetztes Pendul anzusehen, weil, wenn auch das Gewicht des Fadens nicht in Anschlag käme, doch die Kugel nicht als ein Punct ohne Ausdehnung angenommen werden

werden kann. Wenn daher die Gesetze des einfachen Pendels auf wirkliche Pendel angewendet werden sollen, so muß erst bestimmt werden, wie die Länge eines einfachen Pendels seyn, dessen Schwingungszeit eben so groß seyn würde, als die Schwingungszeit eines zusammengesetzten Pendels von gegebener Gestalt und Länge.

§. 257. Es sey CBDE (Fig. 37.) ein zusammengesetztes Pendul; C sey der Aufhängungspunct, um welchen sich das Pendul bey seiner Schwingungsbewegung drehet, und A sey der Schwerpunct des Penduls. Man nehme die gerade Linie CO so lang an, als ein einfaches Pendul seyn müßte, wenn dessen Schwingungen mit jenem isochronisch seyn sollten. In diesem Falle müßte der Punct O allein schwer seyn, wenn das zusammengesetzte Pendul in ein einfaches isochronisches verwandelt werden sollte; oder die Entfernung zwischen diesem Puncte O und dem Aufhängungspuncte C ist die Länge des einfachen Penduls, das mit dem zusammengesetzten isochronisch oder gleichzeitig schwingt. Diesen Punct O nennt man den Mittelpunct der Schwingung oder den Schwingungspunct (Centrum oscillationis); und die Länge jedes zusammengesetzten Penduls ist aus der Entfernung CO des Schwingungspunctes O vom Aufhängungspuncte C zu schätzen.

§. 258. Um also die vorgetragenen Sätze des einfachen Penduls auf ein zusammengesetztes anzuwenden, ist es nöthig, bey diesem den Schwingungspunct

punct zu bestimmen (§. 257.). Diese Bestimmung würde uns hier zu weit führen; wir entlehnen also nur einige Resultate der Untersuchungen, welche die Mechanik darüber angestellt hat.

1) In einer schweren, gleichartigen, und geraden Linie, z. B. in einer cylindrischen oder parallelepipedischen Stange von Metall, einem Metalldrahte, einem Blechstreifen, u. dergl., ist der Schwingungspunct vom Aufhängungspuncte um $\frac{1}{2}$ der Länge der Linie entfernt.

2) In einer soliden Kugel, die an einem nicht bemerkbar schweren Faden an ihrem Scheitel aufgehängt ist, liegt der Schwingungspunct unter dem Schwerpuncte der Kugel um $\frac{1}{2}$ des Quotienten, den man findet, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpuncts vom Aufhängungspuncte dividirt. So ist z. B. bey einer Kugel von 1 Fuß (paris.) Durchmesser, deren Schwerpunct 440 Linien vom Aufhängungspuncte entfernt ist, der Schwingungspunct 4,712 Linien unter dem Schwerpuncte derselben; bey einer Kugel von 2 Zoll Durchmesser ist er 0,13 Linien; und bey einer Kugel von einem Zolle 0,033 Lin. darunter.

3) Wenn der Faden, an welchem die solide Kugel hängt, ein merkliches Gewicht hat, so findet man den Schwingungspunct durch folgende Formel: Es sey u das Gewicht des Fadens oder des Drahtes, P das Gewicht der Kugel, b der Durchmesser der Kugel, a die Entfernung des Mittelpuncts der Kugel vom

Phänomen der Schwere im Allgemeinen. 159

vom Aufhängungspuncte; so liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um

$$\frac{(\frac{1}{2} u + \frac{1}{2} P) h^2 - \frac{1}{2} u (ah + a^2)}{(\frac{1}{2} u + P) a - \frac{1}{2} hu}$$

Eine kleine metallene Kugel von etwa zwey Linien im Durchmesser, die an einem sehr zarten ungesponnenen Haarfaden aufgehängt ist, ist zwar immer noch ein zusammengesetztes Pendul; indessen fällt doch der Mittelpunct der Kugel mit dem Schwingungspuncte sehr nahe zusammen.

Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol. P. IV. prop. 7 — 23. *Jacob Bernoulli*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1703. S. 78. ff. und S. 281. ff. *Joh. Bernoulli*, ebenbas. 1714. S. 202. *Mairan*, ebenbas. 1735. S. 183. *Muschenbroek* *introduction in philosoph. naturalem.* I. §. 670. 671. *De la Lande* *exposition du calcul astronomique* S. 199. *Le Pauté* *traité d'horlogerie.* à Paris 1755. 4. S. 291. *Räffners* *Anfangsar. der höhern Mechanik*, Obstinaen 1766 8. S. 194. u. f. S. 247. *Karstens* *Lehrbegriff der Mathematik*, Th. I. B. 2. Abschn. VI. der Mechanik; ingl. Th. IV. Abschn. VIII. und XI. der Mechanik.

§. 259. Wenn ein zusammengesetztes Pendul Schwünge von bestimmter Zeitdauer verrichten soll, so muß die Länge des gleichgeltenden einfachen Penduls eine bestimmte Größe haben. Wenn die Zeit eines einfachen oder halben Schwunges gerade eine Secunde dauert, so heißt die dazu gehörige Länge das Secundenpendul, oder auch die Länge des einfachen Penduls.

§. 260. Man kann die Länge des Secundenpenduls (§. 259.) durch Beobachtung bestimmen. Man hänge zu dem Ende eine solide Kugel an einem dünnen ungezwirnten Faden auf, und bestimme die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängungspuncte aufs genaueste (§. 258.). Man wähle einen Ort zur Beobachtung, der eine gleichförmige Tempe-

Temperatur von etwa 10° Reaumur hat, und keinem Luftzuge unterworfen ist. Man lasse hierauf das Pendul frey schwingen, zähle die einfachen Schwingungen desselben eine Zeit lang fort, und beobachte nach einer richtig gehenden und gut geordneten Secundenuhr die während der Schwingungen verfloßene Zeit. Man drücke die so beobachtete Zeit in Secunden aus, und dividire sie mit der beobachteten Anzahl der Schwingungen, so hat man die Schwingungszeit für ein einfaches Pendul von bekannter Länge, nämlich von einer Länge, die der Entfernung des Aufhängungspuncts vom Schwingungspuncte gleich ist. Aus der Länge dieses Probependuls und der Dauer seiner einfachen Schwingungen läßt sich nun nach einer leichten Rechnung (§. 247.) die Länge eines einfachen Penduls bestimmen, das in einer Secunde einen einfachen Schwung macht. Man wiederhole diesen Versuch oft mit Probependuln von verschiedener Länge, und nehme das Mittel von allen Versuchen, um desto sicherer die Länge des einfachen Secundenpenduls zu erhalten.

Mairan a. a. O. S. 153 — 200. Van Swinden positiones physicas. I. S. 91.

Einen bequemen und sehr genauen Apparat, die Länge des Secundenpenduls zu bestimmen, hat Hr. von Zach angegeben und beschrieben: Beschreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Versuche und Bestimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpenduls genau und bequäm angestellt und gemacht werden können; in *Hodners Samml. astronomischer Abhandl. 1. Supplement. S. 175. ff.*; und in *Voigts Magazin, B. IX. St. 1. S. 142. ff.*

§. 261. Um indessen die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls, das in einem freyen Mittel schlägt,

schlägt, und wobei die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, sind noch einige Berichtigungen zu den vorhergehenden Versuchen nöthig, und zwar

1) Wegen des Widerstandes der Luft. Die Pendul erleiden nämlich von der Luft, die sie beim Schwingen aus der Stelle drängen müssen, einen Widerstand, der um desto größer ist, je dichter die Luft, und je größer das Volum des Penduls ist. Pendul von größerem Gewichte schwingen daher bei gleicher Länge und gleichem Volum allerdings schneller, als die von leichterm Gewichte, obgleich die Größe des Gewichtes auf die Schwingungsbewegung an sich so wenig Einfluß hat, als auf den Fall der Körper (§. 216.). Durch diesen Widerstand der Luft kommt es hauptsächlich, daß die Schwingungsbogen immer kleiner werden, und das Pendul endlich zur Ruhe kommt, da sonst die Schwingungsbewegung an sich ohne Ende fort dauern müßte. Ob nun aber gleich durch diesen Widerstand der Luft die Dauer des Niederganges etwas länger wird, so wird doch die des Aufstiegs dadurch wieder etwas kürzer, und durch diese Compensation kommt es, daß die Schwinge ziemlich isochronisch bleiben, und daher keine merkliche Veränderung Statt findet, die einer Correction bedürfte. Eine ganz andere Bewandniß aber hat es mit der hydrostatischen Wirkung der Luft, wodurch, wie die Folge beim Wassermägen lehren wird, ein Theil der Gravitation des Penduls aufgehoben wird; hierauf muß sich die Berichtigung wegen des Widerstandes der Luft

luft beziehen. Dadurch, daß das Pendul luftlos der Stelle drängt, verliert es einen Theil seines Gewichts, und bewegt sich mit einem Verluste seiner Gravitation. Daher ist zu der beobachteten Länge des einfachen Secundenpenduls noch etwas hinzuzusetzen, um die Länge dessen zu finden, das im leeren Raume Secunden schwingt. Dieser hinzuzusetzende Theil verhält sich zur Länge des einfachen Penduls in der Luft, wie das specifische Gewicht der Luft zum specifischen Gewichte der Materie, woraus das Pendul besteht.

Bouguer traité de la figure de la terre: à Paris 1749. 4. S. 399. ff. Van Swinden pol. physl. I. S. 93. f. 236.

2) Wegen der Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde, die von der Umdrehung der Erde um ihre Achse herrührt, wodurch die Schwere des Penduls, und also die Länge des einfachen Secundenpenduls vermindert wird. Diese Verminderung ist desto größer, je näher der Ort der Beobachtung dem Aequator liegt, oder je größer die Kreise sind, die er bei der täglichen Bewegung der Erde durchläuft. Ein und dasselbige Pendul wird also unter dem Aequator langsamer schwingen, als gegen die Pole zu, und es wird dort verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. Richer beobachtete dies bei seiner Reise nach Cayenne im Jahre 1672, 1 Grad 56 Min. vom Aequator; sein Pendul, das zu Paris Secunden schlug, mußte hier um 1½ Linie verkürzt werden, um die nämliche Geschwindigkeit zu behalten. Um also die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 159

bus zu bestimmen, welche Statt finden müßte, wenn die Erde ruhete, ist zu der beobachteten Länge noch etwas hinzuzusetzen. Um dies zu finden, darf man nur den Bruch $\frac{1}{256}$, (als das Verhältniß der Schwingkraft zur Schwere unter dem Aequator (§. 271. 12.)), mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Orts multipliciren, und die gefundene Quantität zu der beobachteten Länge des Penduls zusetzen. Gesezt also, daß der Ort der Beobachtung unter einer Breite von 60 Graden läge, so ist der Cosinus $= \frac{1}{2}$, und die Rechnung giebt $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{256}$ oder $\frac{1}{1024}$. Wenn nun die beobachtete Länge des einfachen Penduls daselbst 439,28 Linien wäre, so müßten noch $\frac{439,28}{1024} = 0,38$ Linien zu dieser beobachteten Länge zugesetzt werden, um die wahre Länge des Sekundenpenduls zu finden, das durch die Schwingkraft keine Verminderung erleidet.

Dr. de la Lande giebt hiernach folgende Tafel an:

unter dem Aequator	0 Gr. 0 Min.	1,53 Lin.
zu Vorkobelo	9 34	1,48
zu Klein: Oase	12 27	1,38
am Vorgeb. d. g. H.	13 55	1,04
zu Paris	48 50	0,67
zu London	51 31	0,59
in Schweden bey	60 0	0,38
zu Pello in Lappland	66 48	0,24

Phoronomia, sive de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libr. II. aut. Jac. Hermann. Amstelæd. 1716. 4. S. 368. ff. De la Lande calcul astronom. S. 203.

3) Wegen der Größe der Schwingungsbogen.
Hierher gehört das, was §. 254. angeführt worden ist.

4)

4) Wegen der Wärme. Die Temperatur kann nämlich die Länge des Maaßstabes ändern, und daher ist es nöthig, bei der Messung des Probependuls sich entweder stets einer gleichförmigen Temperatur zu bedienen, oder den Unterschied der Länge bei andern Temperaturen an dem Maaßstabe erforscht zu haben. — Wenn die Pendul selbst von der Wärme und Kälte in ihrer Länge verändert werden, so würden sie natürlicher Weise ihren Isochronismus nicht behalten. An genauern Uhren hat man deswegen Pendul aus verschiedenen Materien anzubringen gesucht, die sich wechselseitig durch Verkürzung und Verlängerung bei verschiedenen Temperaturen compensiren; dahin gehört *Grahams* und *Romains* rostförmiges Pendul aus eisernen und kupfernen Stäben. Noch vollkommener hat man die Verbindung von Stäben aus Eisen und Zink gefunden.

Milichenbroek introd. ad philol. natural. I. §. 673. 676.
Berthoud essai d'horlogerie. à Paris. T. II. 1763. 4.
 T. 2. C. 118 — 143. 181 — 188. 299 — 306.

§. 262. Ungeachtet aller dieser Berichtigungen lehrt die Erfahrung, daß an den verschiedenen Orten auf der Erde unter verschiedenen Breiten die Länge des einfachen Secundenpenduls nicht gleich sey; woraus denn folgt, daß die Beschleunigung der Schwere in den verschiedenen Breiten nicht gleich seyn könne. Man hat diese Länge gefunden:

- 1) unter dem Aequator, an der Meeresfläche,
 439,21 lin. parif. = 454,48 rheinl.;
- 2) zu Paris, unter der Breite von $48^{\circ} 50'$,
 440,57 lin. parif. = 455,89 rheinl.;

3)

Phänomen der Schwere im Allgemeinen. 261

3) zu Leiden, unter der Breite von $52^{\circ} 9'$, 440,71
paris. = 456,04 rheinl.;

4) zu Pello in Lappland, unter der Breite von
 $66^{\circ} 48'$, 441,27 lin. paris. = 456,61 rheinl.

Die Bestimmung der Pendellänge von andern Orten setzt man
bey *Muschbroek* introd. in philol. nat. T. I. S. 99
und in *Volkmann* Kenntniss der Erdoberfl. S. 81.

Nach den neuesten und genauesten Versuchen in Paris hat man
die wahre Länge des Secundenpenduls daselbst 440,6 Lin.
paris. gefunden.

§. 263. Die Lehren vom einfachen Pendul hatte
schon *Galilei* mit den Gesetzen des Schwere erfunden;
Huygens aber erweiterte diese Erfindung, machte vom
Jahre 1656 an davon überaus wichtige Anwendungen
zur Verbesserung der Uhren, und wurde der Erfinder
der Penduluhr. Er schlug auch die Länge des ein-
fachen Secundenpenduls zu einem allgemeinen Fuß-
maasse vor, und nach seinem Vorschlage sollte der dritte
Theil dieser Länge der allgemeine Fuß seyn. Er wußte
aber damals noch nicht, daß die Länge des Secun-
denpenduls unter verschiedenen Breiten verschieden
wäre, und daß sie zwar ein natürliches, aber kein
allgemeines Längenmaass gewähre. Für einen Ort
bleibe indessen diese scharfsinnige Bestimmung immer
anwendbar.

Christ. Hugensii *horologium oscillatorium*. Paris 1673. Fol.
Versuch, durch Seilmessungen unveränderliche Längen, Körper-
und Gewichtmaasse zu erhalten, — von *Joh. Wittichurst*.
a. d. Engl. überf. mit Anm. von *J. H. Wiedemann*. Rarab.
1790. 4.

§. 264. Eine andere sehr wichtige Anwendung
der Gesetze vom Pendul machte *Huygens* dadurch,
daß er vermittelst desselben die Beschleunigung der
Schwere

Schwere bestimmte. Weiß man nämlich die Länge des einfachen Penduls, so läßt sich nach §. 253. leicht bestimmen, wie viel Fuß der Körper in der ersten Secunde seines Fallens durchlaufe. Weil nämlich die Quadratzahl der Schwingungszeit des Penduls sich zur Quadratzahl von $\frac{4}{3}$ oder von 3,1415926..., (als dem Verhältnisse der Peripherie des Kreises zum Durchmesser,) verhält wie die halbe Länge des Penduls zur Beschleunigung der Schwere, so darf man nur die halbe Länge des einfachen Secundenpenduls für einen gewissen Ort mit der Quadratzahl von 3,1415926.. multipliciren, um den Fallraum schwerer Körper in der ersten Zeitsecunde, oder die Beschleunigung der Schwere, für den Ort der Beobachtung zu finden. Die Länge des einfachen Secundenpenduls ist nach *Mastran* zu Paris 440/57 Linien (§. 262.), folglich die halbe Länge 220,28 Linien (paris.), und diese mit der Quadratzahl von 3,1415926 = 9,869604 multiplicirt, giebt für die Fallhöhe der ersten Secunde 2174,07 Linien paris. oder sehr nahe, wie oben (§. 215.).

1. Karsten's Anfangsgr. d. Naturk. 1. 24.

§. 265. Da die Beobachtungen lehren, daß die Länge des einfachen Penduls, wenn es isochronisch bleiben soll, unter dem Aequator kürzer seyn muß, als gegen die Polarländer zu (§. 261. 2.), so folgt, daß die Schwere unter dem Aequator geringer seyn müsse, als gegen die Pole zu. Infolge dieser Beobachtungen wächst die Länge des einfachen Secundenpenduls,

penduls, je mehr man sich vom Aequator gegen die Pole zu entfernt. Es ist zwar nicht das Ganze der Verminderung dieser Länge gegen den Aequator zu auf Rechnung der Verminderung der Gravitation zu schreiben, sondern ein Theil kommt auf Rechnung der größern Centrifugalkraft unter dem Aequator; da aber dieser Theil bestimmt werden kann (§. 261. 2.), so läßt sich auch nach angestellter gehöriger Berichtigung die Verminderung der Schwere gegen den Aequator zu angeben. Die Schwere an den verschiedenen Orten verschiedener Breiten verhalten sich wie die Längen des einfachen Secundenpenduls, die man nach den gehörigen Berichtigungen gefunden hat.

Nestor: princip. philos. natur. III. pg. 20.

§. 266. Eben so lehrt auch die Erfahrung, daß Pendul, die isochronisch schwingen, auf hohen Bergen kürzer, als in niedrigeren seyn müssen; woraus denn folgt, daß die Schwere vom Mittelpuncte der Erde weiter abwärts geringer ist, als bey mehrerer Nähe, und daß diese mehrere Erhöhung wahrscheinlich der Grund ist, warum gegen den Aequator zu isochronische Pendul, auch nach der Correction wegen der Centrifugalkraft (§. 261.), kürzer seyn müssen, als gegen die Pole hin.

*Bonguer traité de la figure de terre. à Paris 1749. 4. C. 335
317.*

Nach ihm war die Länge des einfachen Sekundenpendels unter dem Aequator

in der Höhe von 2434 Toifen 36 Z. 6,70 L.

1466 36 6,83

an der Meeresfläche 36 7,07

Nach der gehörigen Berichtigung sind diese Längen: 36 B. 6,69 L.; 36 B. 6,88 L.; 36 B. 7,21 L.

Don

Von den erdichteten Versuchen einiger Franzosen, die das Gegentheil darthun sollten, sehe man: *Le Sage* im *Journal de Physique*, T. I. S. 229.; *de Laus* lettres physiques et morales. L. 45. T. II. S. 358.; und *Richard* physische Schriften, S. 197.

Wurfbeziehung.

§. 267. Wenn ein schwerer Körper in einer Horizontalen, oder in einer andern, die nicht auf dem Horizonte senkrecht ist, in einem freyen Mittel durch irgend eine Kraft fortgeworfen wird, so würde er, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte, in gleichen Theilen der Zeit gleiche Räume nach der Richtung des Wurfes durchlaufen; die Schwere treibt ihn aber senkrecht, nach der Fläche der Erde herab, und der Körper wird also von zwey Kräften zugleich getrieben, deren Richtungen einen Winkel einschließen. Folglich ist die Bewegung des Körpers zusammengesetzt, und seine Bahn würde sich nach dem, was hiervon (§. 87.) gesagt worden ist, leicht finden lassen. Die Kraft der Schwere aber wirkt nicht bloß im Anfange, sondern, als eine stetige Kraft, ununterbrochen, und beschleunigt folglich den Fall des Körpers gleichförmig. Wenn dieser also bey der durch den Wurf erhaltenen Geschwindigkeit als bloß träge im ersten Augenblicke ein Raumbellchen der geradlinigen, z. B. horizontalen, Bahn fortgeht, so wird er auch während dieser Zeit durch die Schwere herabgetrieben, folglich nach Endigung desselben so tief seyn, als er beym lothrechtsten Falle seyn würde; nach dem zweyten Augenblicke wird er aber viermal tiefer gesunken seyn (§. 214.), wenn er in der Bewegung nach der Kraft des

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 165

des Wurfes, oder nach der Projectionslinie nur zwei solche Raumtheilchen; als im ersten Augenblicke, fortgerückt ist; nach dem dritten Augenblicke ist er neunmal tiefer gefallen, da er vermöge seiner Geschwindigkeit durch die erstere Kraft wieder nur einen dreifach so großen Raum, als im ersten Augenblicke, vorgerückt ist; u. s. w. Kurz, der geworfene Körper wird eine krumme Linie beschreiben, worin sich die Abscissen verhalten wie die Quadrate der Ordinaten, und folglich eine Parabel. Auch dieses Gesetz hat Galilei zuerst entdeckt.

Es werde ein schwerer Punkt A (Fig. 38.) in der horizontalen Richtung AH geworfen. Man theile AH in drei gleiche Theile AB, BG, GH, die von dem bloß trägen Körper in gleichen Zeiten zurückgelegt werden würden. Allein so wie die freie Wurfbewegung des schweren Körpers anfängt, stößt er durch die Schwere hinab. Wir wollen sehen, daß er in dem Zeittheilchen, da er AB ohne Schwere zurücklegen würde, durch diese AK hinabfalle; er wird also die Diagonale in AE durchlaufen müssen, folglich sich nach Endigung des ersten Zeittheils in E befinden. Im folgenden Zeittheile würde er nach der Richtung des Wurfes, wenn er nicht schwer wäre, um BG = EM fortgerückt seyn; die Schwere würde ihn aber in diesem zweiten Zeittheile allein umal tiefer hinabtreiben, als im ersten, folglich um MF = KP = 3 AK; er durchläuft also die Diagonale des Parallelogramms EMKF, und befindet sich nach Endigung des zweiten Zeittheils in F, also nach der senkrechten Höhe AP = 4 AK hinabgetrieben. Im dritten Zeittheile würde ihn die Kraft des Wurfes um FO = GH forttruden lassen; er durchläuft aber vermöge der Schwere in diesem Zeittheile den fünffachen Raum FR = 5 AK, und durchläuft also die Diagonale FL, so daß er nach Endigung der drei Zeittheile 9 AK in der senkrechten Höhe AN = HL hinabgefallen ist.

Da die Schwere auf dem bewegten Punkt nicht bloß in A, E und F, sondern in jedem Punkte seiner Bahn stetig wirkt, so machen auch die Diagonalen AE, EF und FL keine geraden, sondern krumme Linien aus, und die ganze Bahn ist eine krumme Linie, die die Eigenschaften einer Parabel hat: denn wenn man AN für die Basis dieser krummen Linie nimmt, so sind AK, AP und AN die Abscissen, und KE, FE und FL die Ordinaten. Nun ist vermöge

vermöge der Construction $AK: AP = KE^2: PF^2 = AB^2: AG^2$; und $AK: AN = KE^2: NL^2 = AB^2: AH^2$.

Galilei dialog. de motu locali. L. B. 1699. 4. IV. ch. 1.

§. 268. Nicht nur in der horizontalen Richtung, sondern auch in jeder andern, wosfern sie nur nicht auf den Horizont senkrecht ist, müssen nach dieser Theorie die geworfenen schweren Körper eine parabolische Bahn haben, und zwar nicht nur bei dem Hinabsinken, sondern auch bei dem Hinansteigen, und es läßt sich solchergestalt der Weg, den sie nehmen, und der Ort, wo sie sich in einer gewissen Zeit befinden, bestimmen, wenn man die anfängliche Geschwindigkeit, mit der sie geworfen wurden, oder die Gewalt des Wurfs (*Impetus factus*), so wie den Winkel kennt, den die Richtungslinie mit dem Horizonte macht. In der Luft macht freilich der Widerstand derselben bei großen Wurfsweiten, daß die Bahn des geworfenen Körpers nicht genau parabolisch seyn kann. Auch sind zwar die Richtungslinien der Schwerkraft im eigentlichen Sinne nicht parallel; in dessen ist bei kleinen Weiten der Unterschied so gering, daß er nicht in Anschlag kommen kann.

Beispiele geben: geworfene Steine, Geschützgeschosse, und besonders ein springender Wasserstrahl, wenn die Springröhre nicht lotrecht, sondern schief oder horizontal steht.

Eigene Maschinen, um durch Versuche diese Theorie zu bestätigen, beschreiben: *Gravensande* *elem. physic.* 4. §43 — 446. f. 1624 — 29.; *Muschenbroek* *introd. ad philos. nat.* §. 704.; *Nallet* *leçons de physique*. VI. C. 212. ff. Exp. 3.; *Bernoulli* in den *nouv. mém. de l'acad. de Berlin* 1780.

Die Theorie geworfener Körper sehe man bei: *Torricelli* de *motu proiectorum*, in seinen *operibus*. Florent. 1664. 4.; *Blondel* *art de jeter les Bombes*, à Paris 1683. 4.; *Maupeitiz*, in den *Mémoires de l'acad. roy. des sc.* 1731. C. 297.; *Tempelhoff* *la bombardier prussien*, ou du mon-

Phänomene der Schwere im Allgemeinen 167

mouvement des projectiles. à Berlin 1781. 8.; Kästners
Lehrbegründe der höhern Mechanik S. 173. u. ff. Bar-
thens Lehrbegriff der gesamten Mathematik. Th. IV. Ma-
them. Abschn. XX. 5. und Anfangsgr. der mathem. Wissens-
schaften, Th. II. S. 33. ff.

§. 269. Ein schwerer Körper, welcher solcher-
gestalt in einer krummen Linie niedermwärts geht, ist
am Ende seines Niedervallens in eben der Zeit, als
wenn er von der Höhe seiner Wurfbewegung an senk-
recht auf die Ebene herabfällt, die er am Ende seines
krümmigen Weges erreicht.

Centralbewegung schwerer Körper.

§. 270. Wenn aber die Richtungslinien der
Schwere nicht unter einander parallel, sondern nach
einem Mittelpuncte zu gerichtet sind, so wird die
Schwere als Centripetalkraft, und die Kraft des
Wurfes, die den schweren Körper von der Richtung
der Centripetalkraft abzulenken strebt, zur Tangential-
kraft, folglich die Wurfbewegung zu einer wahren
Centralbewegung werden (§. 99.). Bei den klei-
nen Weiten, in der wir auf der Erde die Körper wer-
fen können, fallen sie freylich bey ihrer krummlinigen
Bahn auf die Erde zurück; die von ihnen beschriebe-
nen Bogen sind so klein, daß alle von denselben gegen
den Mittelpunct der Erde gezogene Linien für parallel
gehalten werden können, und daß also die Bahn von
einer parabolischen Krümmung, die freylich nicht wie-
der in sich selbst zurückläuft, dem Ansehen nach ent-
steht. Es ist aber doch denkbar, daß ein schwerer
Körper in einer solchen Erhöhung von der Erde hori-
zon-

horizontal geworfen werde, daß die Weite der Bogen so wachse, daß die aus ihnen nach dem Mittelpunkte der Erde gezogenen Linien nicht mehr für parallel, sondern für convergirend zu halten sind; dann wird die Bahn nicht parabolisch seyn können, sie wird in sich selbst zurücklaufend werden, und der schwere Körper wird um die Erde herum eine Centralbewegung haben. Wirklich ist auch die Bewegung, welche der Mond um die Erde, und alle Trabanten um ihre Hauptplaneten, so wie diese um ihre Sonne, haben, eine wahre Centralbewegung, und eine Folge derselben stetigen Kraft, welche die krummlinige Bahn der geworfenen schweren Körper auf unserer Erde hervorbringt, nämlich der Gravitation. Die Schwere ist die stetig wirkende Centripetalkraft; und die Kraft des Wurfs, welche die schweren Welten von der Richtung dieser Centripetalkraft nach der Tangente abzu lenken strebt, die Tangentialkraft oder Schwingungskraft. Diese letztere ist also nicht Folge der Trägheit; denn weil Trägheit keine Kraft ist, so wird sie auch kein Vermögen haben, die schwere Welt von der Richtung der ihr inhärenten Kraft der Schwere abzulenken. Um also die Centralbewegung der Himmelskörper zu erklären, dürfen wir annehmen, daß sie entweder nach der Richtung der Tangente zuerst durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden wären, und daß die nachher hinzugekommene Schwere sie von jener Richtung nun stetig ablenke; oder daß die gravitirenden Himmelskörper durch eine projectile Kraft nach der Tangente ihrer Bahn mit einer determinirten

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 287

minuten Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt würden. So läßt sich denn auch die Frage leicht lösen, ob die Schwerkraft Folge der Trägheit, oder ob sie eine eigene Kraft sey.

Daß es denselbe sey, daß die Bahn geworfener Körper in einer in sich selbst zurücklaufenden Linie, und nicht etwa in einer Spirallinie werde, die dem Mittelpunkte immer näher komme, läßt sich leicht beweisen. Jede Bewegung dirigirt nach der Richtung der Wurffkraft kann durch die Größe der Tangente ausgedrückt werden, wie z. B. (S. 39.) durch Ab , und die Schwerkraft, die nach einem Mittelpunkte, wie nach C , wirkt, durch $Ac = bi$. Wenn also der schwere Körper aus A gegen T zu geworfen wird, so wird er in eben der Zeit, da er Ab durchläuft, zu gleicher Zeit von der Tangente durch die Schwere um bi über Ac abgezogen, und also in eben der Zeit, als er nach der Kraft des Wurfs allein Ab durchlaufen würde, vermöge der zusammengesetzten Bewegung den Bogen Al beschreiben; von da würde er in der folgenden gleich großen Zeit, ohne die Schwere, nach der Tangente bis i fortgehen; treibt ihn aber die Schwere ununterbrochen gegen C , und wird diese Kraft, während daß er in i ist, durch ac in ac' angesetzt, so wird er vermöge dieser zusammengesetzten Bewegung in eben dieser Zeit den Bogen in beschreiben; es würde in der dritten Zeit von n gleichförmig nach q fortgehen, wenn die Schwere nicht wäre; wenn nämlich ng $= ni$ gesetzt wird, da aber die Schwere in n ihn zu gleicher Zeit durch $np = ni$ führt; so wird er in eben dieser Zeit durch nr geführt, und so weiter. Weil die Centripetalkraft immer wächst, so wie die Distanzen Ci , Cn , Cr abnehmen, so wird auch der geworfene Körper immer näher her gegen C zu kommen, bis er an den untersten Punkt E gelangt ist; aber von q an wird er sich nicht mehr C nähern, sondern davon ab, und wieder nach A zurückgehen. Aus der Lehre von der Centralbewegung (S. 101. 1.) ist bekannt, daß die Distanzen AiC , inC , nrC gleichen Zuwachs find; und eben so auch iEC , dessen Bogen der geworfene Körper an der untersten Stelle durchläuft. In dieser Stelle der parabolischen Bahn ist die Centripetale Kraft am größten, und sey durch Em ausgedrückt, und wachse sich gegen Ac umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte der Gravitation, oder wie $AC^2 : CE^2$. Der Körper würde aus E nach o gleichförmig fortgehen, in eben der Zeit, da er iE beschrieben hat, wenn die Schwere in E zu wirken aufhörte; sie zieht ihn aber um $Em = oh$ nach C zu, daher legt er in eben dieser Zeit den Bogen Eh zurück; von h würde er in der folgenden gleich großen Zeit durch ht weggehen, wenn ihn nicht während dieser Zeit die Schwere nach C ablenkte, und ihn am Ende dieser Zeit bis o zurückgebracht hätte; u. s. f. Aus

Aus den Richtungen Ec , in welcher, daß, wenn der geworfene Körper in E angelangt ist, er von da an keinesweges gegen C zu lauter mehr näher komme, sondern daß er vielmehr, weiter in den Punkten E, h, s, G eben dieselbe Centripetalkraft hat, als in den correspondirenden Punkten der gegen über stehenden Hälfte, eben, so nach A zurückkehrt, als er sich von da aus entfernte.

Man nehme nun an, daß die Kraft des Wurfs Ab dieselbe bleibe, das Verhältniß der Centripetalkraft oder der Schwere aber größer als Ac , und durch Ad — ba ausgedrückt werde, so wird der Körper durch die vereinte Wirkung beider Ac durchlaufen. Wird die Schwerkraft noch größer, nämlich $= Ag$, so wird er an eben der Zeit, da er ohne Schwere Ab durch die Kraft des Wurfs zurückgelegt würde, den Bogen AF durch die gemeinschaftlichen Wirkungen durchlaufen. Etwas, wie er durch Ab und Ac die Centralbewegung $AFCG$ hat, so wird er durch Ab und Ad , oder durch Ab und Ag , die von AHD oder $AHBL$ u. s. w. haben.

Schaeffer institutiones physicae. P. II. Vindob. 1763. S. 95. ff.

§. 271. Wir können nun von den bisher vorgetragenen Gesetzen der Schwere Anwendung machen auf Centralbewegungen (§. 101.), bei welchen die Schwere als Centripetalkraft wirkt, und so auch auf die wichtige Lehre von der Bewegung der Himmelskörper.

1) Wenn ein schwerer ruhender Körper von der Richtung der Schwere, die auch zur Zeit der Ruhe eben so gut in ihm wirksam ist, als zur Zeit der Bewegung, und seinen Druck hervorbringt, abgelenkt und z. B. nach einer horizontalen Richtung geworfen oder gestoßen werden soll, so wird dazu Kraft erforderlich seyn, und der ruhende schwere Körper wird Widerstand leisten (§. 102.). Es ist leicht begreiflich, daß, wenn der schwere Körper noch einmal so viel schwere Masse hat, als ein anderer, noch einmal so viel Kraft erforderlich seyn werde, um ihn mit eben der Geschwindigkeit in eben der Richtung zu werfen; nicht, weil diese doppelt so schwere Masse doppelt so viel Trägheit habe, und durch dieselbe doppelt so viel Widerstand leiste, sondern weil ihre bewegende Kraft oder ihr Gewicht, mit dem sie nach der Richtung der Schwere drückt, doppelt so groß ist. Wenn nun zwei schwere Körper von ungleicher schwerer Masse in eine Centralbewegung gesetzt, und ihre Geschwindigkeit, so wie ihr Abstand vom Mittelpunkte der Kräfte, gleich angenommen werden, so wird die Centrifugalkraft in dem Körper von größerer schwerer Masse größer seyn, als in dem von kleinerer schwerer Masse; und es wird folglich eine größere Centripetalkraft erforderlich, um die

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 173

durchläuft, ist zu der durch BE, wie BD zu BE. Wenn nun die Quadrate dieser Zeiten verhalten wie die Räume, welche schwere Körper herabfallen, so ist $BD^2 : BE^2 = CB : CG$. Es würde also der Raum CG mit der bey dem Falle beschleunigten, und BE mit der gleichförmigen Geschwindigkeit, die der Körper in der Kreisbewegung hat, in gleicher Zeit beschrieben werden. Wenn ferner der Körper in B von der Centrifugalkraft losgelassen würde, so würde er in E mit gleichförmiger Geschwindigkeit in eben der Zeit ankommen, als der Körper B der Circumferenz in F anlangt, weil wir BE für den Bogen BF gleichstellend nehmen können, indem BE unendlich klein angenommen wird. Wir können also sagen, daß der Körper eine Fliehkraft habe, um von dem Punkte B durch den Raum FE in der Zeit zu gehn, in der er mit der Geschwindigkeit seiner Draggbewegung durch den Raum BE gleichförmig gehn würde, d. h., in der Zeit, in der er bey dem Falle durch CG mit beschleunigter Geschwindigkeit gehn würde. Wenn also erwiesen ist, daß die Räume EF und CG gleich sind, so wird auch erwiesen seyn, daß die Fliehkraft, oder das Bestreben des Körpers, in der Kreisbewegung vom Faden mit beschleunigter Bewegung fortzugehen, dem Bestreben desselben zum Sinken, das er durch seine Schwere hat, gleich sey, weil dieses Bestreben der beschleunigten Bewegung dann gleich ist, wenn durch diese in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden. Daß aber $CG = FE$ sey, wird auf folgende Art bewiesen: Es ist $AE : EB = EB : EF$, oder $HE : FB = FB : FE$ und $BF = EB$, weil BE klein genug angenommen wird. Also ist $HE^2 : EB^2 = HE : EF$, oder $HE^2 : HE = EB^2 : EF$. Da wir den Bogen BE klein genug annehmen, so können wir auch $HE = HF$ setzen. Nehmen wir nun den vierten Theil der ersten Glieder der Proportion, wodurch das Verhältniß nicht verändert wird, so ist $\frac{HE^2}{4} : \frac{HE}{4} = \frac{EB^2}{4} : \frac{EF}{4}$, oder $\frac{HE^2}{4} = AE^2$, und $\frac{HE}{4}$ oder $\frac{HF}{4} = BC$; es ist also $AE^2 : BE^2 = BC : EF$; da nun $AE^2 = BD^2$, so ist $BD^2 : BE^2 = BC : EF$. Es war aber nach der Construction $BD^2 > BE^2 = BC : CG$; es ist also $BC : CG = BC : EF$, und also $EF = CG$.

Huygens de vi centrifuga, in seinen operib. posth. C. 112. Maschinenboek §. 736.

Es läßt sich hieraus erklären, warum aus einem mit Wasser gefüllten offenen Gefäße, wenn es vermittelst eines Gerades im verticalen Kreise mit einer gewissen Geschwindigkeit umhergeschwungen wird, nichts herauslaufe, wenn gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith seines Kreislaufs gekommen ist, mit seiner Oeffnung senkrecht auf dem Horizonte steht.

Ferner läßt sich hieraus beweisen, daß ein Körper auf dem Aequator der Erde 17mal geschwinde bewegt werden müsse,

3) Wenn die Quadrate der Umlaufzeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte, und die schweren Massen gleich sind, so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen,

$$\text{Wenn also } T^2 : t^2 = D^3 : d^3, \text{ so ist } G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2.$$

Nach dem oben (S. 65 u. 74.) Angeführten war $G : g =$

$$\frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}; \text{ substituiren wir aus hier, nach der Vorausse-}$$

$$\text{zung, für } T^2 \text{ und } t^2, D^3 \text{ und } d^3, \text{ so ist } G : g = \frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3}$$

$$= \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2.$$

4) Wenn die schweren Massen ungleich sind, so sind, in dem eben angeführten Falle (3), die Centralkräfte im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte.

Dies folgt aus der Verbindung des zweiten und dritten Gesetzes, und ist diesemnach

$$G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{P}{d^2}.$$

5) Wenn ein schwerer Körper in einem Kreise mit eben so großer Geschwindigkeit bewegt wird, als er durch den freyen Fall aus der Höhe des vierten Theils des Durchmessers, oder der Hälfte des Radius des Kreises erhalten würde, so ist seine Centralkraft der Schwere gleich. Wäre der Körper an einem Faden gespannt, und würde er im horizontalen Kreise bewegt, so würde er jenen eben so spannen, als wenn er frey daran herabhinge.

Der Körper werde in einem horizontalen Kreise (Fig. 40.) bewegt. Die Tangente BD sey gleich dem Radius AB. Jener bewegt sich, nach der Voraussetzung, in der Circumferenz des Kreises mit einer Geschwindigkeit, welche er durch den senkrechten Fall CB = $\frac{1}{2}$ AB erlangen würde. Die durch diesen Fall erlangte Geschwindigkeit würde ihn in eben der Zeit durch den doppelten Raum von CB, oder durch BD gleichförmig führen (S. 217.) Wenn er also in B losgelassen würde, so würde er in eben dieser Zeit den Raum BD gleichförmig zurücklegen. Man nehme von BD irgend einen kleinen Theil BE, und ziehe durch das Centrum des Kreises die gerade Linie EAH, die den Kreis in F schneidet. Es sey ferner DE² : BE² = CB : CG. Wenn wir also die Zeit, in welcher der Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit durch CB fällt, durch die Linie BD ausdrücken können, so wird BE die Zeit der beschleunigten Bewegung durch CG ausdrücken, weil die Räume, welche schwere Körper bey dem Falle durchlaufen, den Quadraten der Zeiten proportional sind. In der Zeit nämlich, in welcher der schwere Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit aus C in B fällt, kann er mit der in B erhaltenen Endgeschwindigkeit bey der gleichförmigen Bewegung auch, das ist, ED, durchlaufen. Die Zeit in der er ED gleichförmig durch

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 173

beschleunigt, ist zu der durch BE , wie BD zu BE . Will
 sich nun die Quadrate dieser Zeiten verhalten wie die Räu-
 me, welche schwere Körper herabfallen, so ist $BD^2 : BE^2$
 $= CB : CG$. Es würde also der Raum CG mit der bey
 dem Falle beschleunigten, und BE mit der gleichförmigen
 Geschwindigkeit, die der Körper in der Kreisbewegung hat,
 in gleicher Zeit beschrieben werden. Wenn ferner der Kör-
 per in B von der Centripetalkraft losgelassen würde, so
 würde er in E mit gleichförmiger Geschwindigkeit in eben
 der Zeit ankommen, als der Punkt B der Circumferenz in
 F anlangt, weil wir BE für den Bogen BF gleichstellend
 nehmen können, indem BE unendlich klein angenommen
 wird. Wir können also sagen, daß der Körper eine Fliehkraft
 habe, um von dem Punkte B durch den Raum FE in
 der Zeit zu gehn, in der er mit der Geschwindigkeit seiner
 Kreisbewegung durch den Raum BE gleichförmig gehn
 würde, d. h., in der Zeit, in der er bey dem Falle durch
 CG mit beschleunigter Geschwindigkeit gehn würde. Wenn
 also erwiesen ist, daß die Räume EF und CG gleich sind,
 so wird auch erwiesen seyn, daß die Fliehkraft, oder das
 Bestreben des Körpers, in der Kreisbewegung vom Faden
 mit beschleunigter Bewegung fortzugehen, dem Bestreben
 desselben zum Sinken, das er durch seine Schwere hat,
 gleich sey, weil dieses Bestreben der beschleunigten Bewe-
 gung dann gleich ist, wenn durch diese in gleichen Zeiten
 gleiche Räume zurückgelegt werden. Daß aber $CG = FE$
 sey, wird auf folgende Art bewiesen: Es ist $HE : EB =$
 $HE : EF$, oder $HE : FB = FB : FE$ und $BF = EB$, weil
 BE gleichsam angenommen wird. Also ist $HE^2 : EB^2$
 $= HE : EF$, oder $HE^2 : HE = EB^2 : EF$. Da wir den
 Bogen BF klein genug annehmen, so können wir auch HE
 $= HF$ setzen. Nehmen wir nun den vierten Theil der ers-
 ten Glieder der Proportion, wodurch das Verhältniß nicht
 verändert wird, so ist $\frac{HE^2}{4} : \frac{HE}{4} = \frac{EB^2}{4} : \frac{EF}{4}$, oder $\frac{HE^2}{4}$
 $= AF^2$, und $\frac{HE}{4}$ oder $\frac{HF}{4} = BC$; es ist also $AF^2 : BE^2$
 $= BC : EF$; da nun $AF^2 = BD^2$, so ist $BD^2 : BE^2 =$
 $BC : EF$. Es war aber nach der Construction $BD^2 > BE^2$
 $= BC : CG$; es ist also $BC : CG = BC : EF$, und also
 $EF = CG$.

Huygens de vi centrifuga, in seinen operib. posth.
 C. 152. Muschenbroek S. 736.

Es läßt sich hieraus erklären, warum aus einem mit
 Wasser gefüllten offenen Gefäße, wenn es vermittelst eines
 Stricks im verticalen Kreise mit einer gewissen Geschwin-
 digkeit umhergeschwungen wird, nichts herauslaufe, wenn
 gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith seines Kreislaufs
 gekommen ist, mit seiner Öffnung senkrecht auf dem Ho-
 rizonte steht.

Ferner läßt sich hieraus beweisen, daß ein Körper auf
 dem Aequator der Erde 17mal geschwinde bewegt werden
 müsse,

müsse, als die Erde um ihre Achse, wenn er eine gleiche Kraft erhalten soll, die der Schwere gleich ist. Denn nach dem eben vorgetragenen Satze müsste die Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde so groß seyn, als die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdbahnmesser ($\frac{R}{2}$) der Erde gehörige Geschwindigkeit, wenn die Fliehkraft der Schwere gleich seyn sollte. Die zu dieser Höhe gehörige Geschwindigkeit aber ist (S. 203.) $250 \sqrt{\frac{R}{2}} = 125 \sqrt{2 R}$. Nach Piccards Messung ist der Erdbahnmesser 19614791 parisi. Fuß = 20302343 rheinl. Fuß. Da wir für R Tausende theilchen des rheinl. Fußes nehmen müssen, so finden wir für $125 \sqrt{2 R} = 25182250$, oder die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdbahnmesser gehörige Geschwindigkeit ist so groß, daß der darin begriffene Körper 25182250 Tausende theilchen des rheinländischen Fußes in jeder Secunde gleichförmig durchlaufen würde. Bey der Umdrehung der Erde um ihre Achse hingegen durchläuft jeder Punct auf dem Aequator in einer Secunde 1426,9 parisi. Fuß = 1476,427 rheinl. Fuß, oder 1476427 Tausendtheilchen des rheinl. Fußes; folglich ist die Geschwindigkeit, die zur Fallhöhe aus dem halben Radius der Erde gehört, zur Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde wie 25182250 : 1476427, oder fast wie 17 : 1.

6) Die schönste und erhabenste Anwendung der Lehre von der Centralbewegung und Schwere ist die auf unser Planetensystem. Die Uebereinstimmung derselben mit den Phänomenen des letztern gewährte die obligste Ueberzeugung von der Richtigkeit und Wahrheit der Copernicanischen Weltordnung. Die Sonne steht im Centro unseres Planetensystems; um sie bewegen sich die Hauptplaneten, mit ihren Trabanten oder Monden. Kepler entdeckte nun, was die nachfolgenden Beobachtungen stets bestätigt haben: 1) daß die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne laufen, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht; 2) daß die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenelemente durchlaufen, die den Zeiten proportional sind, (S. oben S. 60. n. 1.) *); und 3) daß die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten sich verhalten wie die Würfel der mittlern Entfernung von der Sonne **). Die Beobachtungen lehren ferner, daß die Nebenplaneten oder Monde um ihr Hauptplaneten dieselbigen Gesetze befolgen, als die letztern um die Sonne; und endlich, daß sogar die Kometen in ihren sehr lässlichen elliptischen Bahnen diesen Gesetzen unterworfen sind. Newton machte die erhabene Anwendung der Gesetze der Schwere auf die

Beweis

*) Io. Kepleri Astronomia nova aetiological, s. physica caelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Prag. 1609. Fol.

**) Io. Kepleri epitome astronomiae Copernicanae, Lincii 1618, s. Harmonicas mundi libri V. Linc. 1619. Fol.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 175

Bewegung der Himmelskörper. Er bewies, **mit** die Vergleichung der Beobachtungen mit der Theorie völlig beschäftigt: 1) daß die Planeten in ihren Bahnen durch eine Kraft zurückgehalten werden, die bey dem Hauptplaneten gegen die Sonne, bey dem Nebenplaneten gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie sich bewegen; 2) daß diese Centripetalkraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen von der Sonne sey, oder von dem Hauptplaneten, wenn von Nebenplaneten die Rede ist; 3) daß auch dies von dem Kometen gelte, die in sehr länglichen Ellipsen sich um die Sonne bewegen; und 4) daß die Kraft, die alle und jede Planeten und Kometen um die Sonne, und die, welche die Trabanten um ihre Hauptplaneten treibt, eine und dieselbige sey. Er bewies, 5) daß die Kraft, die die Planeten in ihren Bahnen erhält, wie die Schwere, eine gleichförmig beschleunigende Kraft sey, und zeigte zuerst an dem Monde, daß die Kraft, die ihn in seiner Bahn um die Erde erhält, die Schwerkraft gegen die Erde sey: Es sey (Fig. 14.) A der Mond, der um die Erde C getrieben wird, und der um dieselbe eine Centralbewegung hat. Die Centrifugalkraft sucht ihn beständig von seiner Bahn AGFE abzulenken, und die Centripetalkraft gegen C hält ihn stetig darin zurück. Der mittlere Abstand CA, oder der Halbmesser der Mondbahn, beträgt etwa 60 Erdbahnmesser, wovon wir jeden nach Piccard auf 19615791 par. Fuß setzen wollen. Die Umlaufzeit des Mondes um die Erde ist nahe 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten, oder 39343 Minuten. Er durchläuft also in einer Minute einen Bogen AB (Fig. 11.), der 11 1/2 Grade, oder nahe 33" beträgt. Man weiß das Verhältniß der Centripetalkraft Aa zum Radius AC, wenn man das Verhältniß des Quersinus Aa des Bogens Ab von 33" zum Radius hat. Dies letztere ist = 12798 : 10000000000. Dies ist also das Verhältniß der Centripetalkraft, die den Mond binnen einer Minute von der geradlinigen Bahn seiner Tangente ablenkt, zum Halbmesser seiner Bahn. Da nun der Mond etwa 60 Erdbahnmesser, oder 1176947460 par. Fuß von dem Mittelpuncte der Erde absteht, so ist Aa, oder die Kraft, mit welcher der Mond gegen den Mittelpunct der Erde binnen einer Minute zu

$$\text{steht,} = \frac{12798 \cdot 1176947460}{10000000000} = 15,052 \text{ par. Fuß; und folgt}$$

sich eben so viel, als ob ein schwerer Körper in A binnen einer Minute mit einer Beschleunigung von 15,052 Fuß fiel. Wenn sich nun die Schwerkraft umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernungen, so muß die Schwerkraft des Mondes gegen die Erde, da er 60 Erdbahnmesser vom Centro der Erde absteht, 60 mal geringer, oder 1/60 der Beschleunigung der Schwere an der Oberfläche seyn; und weil sich die von schweren Körpern bey dem Falle durchlaufenen Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten, so muß 1 : 60² = 15,052 : x die Wirkung der Schwere auf der Oberfläche der Erde binnen einer Minute seyn. x oder 60² 15,052 f. kommt auch mit der aus andern Erfahrungen gefundenen Beschleunigung der Schwere an der Erdoberfläche so ziemlich und wenigstens so überein, als man es in solchen Fällen nur erwarten kann, zumal da das angeführte Maas des Halbmessers der Mondbahn wirklich größer ist, als wir es hier angenommen haben,

den, und der Mond nicht mit seiner ganzen Centrifugalkraft gegen die Erde wirkt, sondern ein Theil davon durch die Wirkung gegen die Sonne aufgehoben wird. Es ist also die Gravitation unserer schweren Körper zu der Gravitation des Mondes gegen die Erde, wie $60^2 : 1$, oder wie das Quadrat der mittlern Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde zum Quadrate der Entfernung der Körper auf der Fläche der Erde von ihrem Mittelpunkte.

Hieraus zog nun Newton den Schluß: 1) daß die Centrifugalkraft des Mondes eben so gegen die Erde wirke, als die irdische Schwerkraft; 2) daß sie mit dieser einerley sey; und 3) daß die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe. Er machte weitere Anwendungen für die Planeten und ihre Trabanten, und fügte darauf das System der allgemeinen Schwere oder Gravitation, das seinen Namen ansehnlich gemacht hat. 4) Daß die Kraft, die alle Planeten, so wohl die Hauptplaneten als die Nebenplaneten, und dann auch die Kometen in ihren Bahnen erhält, einerley sey mit der Schwere, und nach denselbigen Gesetzen wirke, als diese auf der Erde; und daß alle Planeten und Kometen gegen die Sonne, die Nebenplaneten aber gegen ihre Hauptplaneten und gegen die Sonne, nach eben denselbigen Gesetzen gravitirten, oder schwer wären, oder angezogen würden, als die irdischen Körper gegen die Erde.

Isaac Newton philosophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4.

La Lande astronomie. §. 999.

7) Newton blieb hierbei nicht stehen, sondern machte von seinen schonen Entdeckungen noch weitere, sehr ansehnliche Anwendungen zur Bestimmung der beschleunigenden Kraft der Schwere auf der Oberfläche der Planeten, des Verhältnisses der schweren Masse derselben, und der Dichtigkeit dieser Masse; wozon ich hier nur kurz die Resultate anführen will.

Die Schwere (g) auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere (G) seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittlern Abstandes (D) dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers (R) des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittlern Abstandes des Trabanten dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufzeit (T) und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten. Es ist also

$$g = \frac{GD^3}{R^2} \text{ oder } g = \frac{D^3}{T^2 R^2}.$$

Die Sonne kann hierbei für einen Hauptplaneten; die Hauptplaneten aber können für ihre Trabanten gehalten werden.

Muschenbroek §. 743. Van Swinden L. E. 194. §. 470.

8) Die schweren Massen der Planeten (P, p) verhalten sich wie die Würfel der mittlern Entfernungen (D, d) von ihren Trabanten, dividirt durch die Quadrate der Umlaufzeiten dieser Trabanten, oder

Phänomene der Schwere im Allgemeinen. 177

$$P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2}$$

9) Aus der Anwendung dieses Satzes (8) auf den vorigen (7) folgt dann auch, daß die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhalte wie die schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, oder:

$$S = \frac{P}{R^2}$$

10) Endlich die Dichtigkeit (Δ) der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich wie der Würfel der mittleren Entfernung seines Trabanten dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten, und dem Würfel des Halbmessers des Planeten (R); oder kürzer, sie verhält sich wie die Schwere auf der Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser.

$$\Delta = \frac{D^3}{T^2 R}; \text{ aber } \Delta = \frac{S}{R}$$

La Lande astronomie, 6. 1018. 1021.

11) Unter den angeführten Bewegungen der Planeten und Cometen um ihre Sonne, und der Trabanten um ihren Hauptplaneten, sind noch als Folgen der allgemeinen Gravitation anzuerkennen und erwiesen: 1) die Ebbe und Fluth, wozu, als ein wichtiges Phänomen, die weitere Erklärung noch vorzunehmen wird, 2) die Ungleichheit des Mondlaufes, 3) das Vorrücken der Nachgleichen, 4) das Wanken der Erdscheibe, 5) die Perihelionen des Laufes der Planeten, 6) der ungleiche Lauf der Cometen, 7) das Abnehmen der Schiefe der Ekliptik, 8) die Bewegung der Apidenlinien aller Planeten, 9) die Bewegung aller Asteroiden, 10) die Ungleichheiten des Laufes der Jupitermonden, und 11) die Rotation des Ringes vom Saturn; deren nähere Bestimmung und Erklärung für die Astronomie gebührt. So ist also der Nutzen der Kenntniß des allgemeinen Gesetzes der Gravitation von dem ausdehntesten Umfange, und im Grunde die Basis der neuen Astronomie.

La Lande astronomie 1. 999.

12) Durch die Umdrehung der Planeten um ihre Achse erhalten die Theile ihrer Masse eine Fliehkraft, deren Richtung auf der Achse der Umdrehung senkrecht ist, die daher unter dem Äquator am größten seyn, gegen die Pole zu abnehmen, und in diesen endlich ganz verschwinden muß. Diese Fliehkraft verhält sich unter dem Äquator der Erde zur Schwere dasselb, wie 1 : 289.

Es sey (Fig. 41.) Bb ein Bogen, der unter dem Äquator binnen einer Zeitssecunde durchlaufen wird, und welcher 15 Secunden beträgt. Der Halbmesser des Äquators Tb, der nach Bouguer 19681717,3 parisi. Fuß beträgt, verhält sich zu Cb, oder der Fliehkraft, wie der Radius von 100000000000 zum Querschnitt des Bogens von 15 Secunden, der binnen einer Zeitssecunde durchlaufen wird, oder zu

Druck, als wenn auf sie ein Gewicht drückte, das der Summe des Gewichts aller schweren Theile gleich wäre. Es ist also eben so gut, als ob die Schwere allen einzeln Theilen, oder ob das ganze Gewicht des Systems im unterstützten Punkte vereinigt wäre. Eben deswegen nennt man ihn den Schwerpunkt. Es ist leicht einzusehen, daß das, was ich von drei in einer geraden Linie verbundenen schweren Punkten angeführt habe, auch von zweien gelte, wenn sie in der Mitte der geraden Linie, die sie bilden, senkrecht unterstützt werden; und daß, wenn eine gewisse Anzahl schwerer Punkte des festen Körpers einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt haben, auch die um Eins größere Anzahl einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt haben werde, folglich auch bey vier, fünf, sechs, u. s. w. schweren Punkten derselbe angenommen werden könne. Kurz, in jedem festen Körper läßt sich ein Punkt annehmen, um welchen herum alle Körpertheilchen auf der einen Seite so viel Gewicht haben, als die auf der entgegengesetzten Seite, und dieser gemeinschaftliche Schwerpunkt liegt so, daß, wenn alle Körpertheilchen, die auf der einen Seite liegen, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist der Summe ähnlicher Producte für die Theilchen auf der andern Seite desselben.

§. 274. Wenn die schwere Masse eines Körpers durch seinen ganzen Raum gleichförmig verbreitet ist, so haben gleich große Theile desselben auch gleiches Gewicht, und der Mittelpunkt der Größe oder der

Figur

Viertes Hauptstück, Phänomene schwerer fester Körper.

Schwerpunct fester Körper.

§. 272.

Man nehme einen dünnen platten Körper von regelmäßiger Gestalt und schiebe ihn auf einer Spitze hin und her, so wird man endlich einen Punct finden, in welchem der Körper auf der Spitze ruhet, und durch dessen Unterstützung der Körper vor dem Fallen auf jeder Seite bewahrt wird.

§. 273. Dieser Punct heißt der Schwerpunct oder der Mittelpunct der Schwere (*Centrum gravitatis*). Wenn drei schwere Puncte in gerader Linie neben einander, durch Cohäsion mit einander verbunden sind, so sieht man leicht ein, daß die senkrechte Unterstützung des mittlern sie alle vor dem Falle sichern wird, wenn die Cohäsion der Puncte zur Seite des unterstützten durch ihr Gewicht nicht getrennt werden kann. Der schwere Punct diesseits und jenseits des unterstützten drückt gleich stark nach unten, es kann daher keiner eher sinken, als der andere, und durch die Cohäsion wird er verhindert, sich loszureißen vom unterstützten. Es bleibe daher das ganze System unterstützt. Ferner läßt die Unterstützung eben so viel

Druck, als wenn auf sie ein Gewicht drückte, das der Summe des Gewichts aller schweren Theile gleich wäre. Es ist also eben so gut, als ob die Schwere allen einzelnen Theile, oder ob das ganze Gewicht des Systems im unterstützten Puncte vereinigt wäre. Eben deswegen nennt man ihn den **Schwerpunct**. Es ist leicht einzusehen, daß das, was ich von drei in einer geraden Linie verbundenen schweren Puncten angeführt habe, auch von zweyen gelte, wenn sie in der Mitte der geraden Linie, die sie bilden, senkrecht unterstützt werden; und daß, wenn eine gewisse Anzahl schwerer Puncte des festen Körpers einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben, auch die um Eins größere Anzahl einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben werde, folglich auch bey vier, fünf, sechs, u. s. w. schweren Puncten derselbe angenommen werden könne. Kurz, in jedem festen Körper läßt sich ein Punct annehmen, um welchen herum alle Körpertheilchen auf der einen Seite so viel Gewicht haben, als die auf der entgegengesetzten Seite, und dieser gemeinschaftliche Schwerpunct liegt so, daß, wenn alle Körpertheilchen, die auf der einen Seite liegen, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist der Summe ähnlicher Producte für die Theilchen auf der andern Seite desselben.

§. 274. Wenn die schwere Masse eines Körpers durch seinen ganzen Raum gleichförmig verbreitet ist, so haben gleich große Theile desselben auch gleiches Gewicht, und der Mittelpunct der Größe oder der Figur

Figur des Körpers wird dann auch sein Schwerpunct seyn. Der Mittelpunct einer solchen Kugel wird also ihr Schwerpunct seyn; bey einem Cylinder und bey einem geraden Prisma wird er in der Mitte der Achse liegen. Sehr dünne Scheiben kann man als schwere Ebenen betrachten, die es freylich im geometrischen Sinne nicht geben kann. In diesem Sinne kann man von dem Schwerpuncte eines Dreiecks, eines Kreises, und dergl. reden. Wenn man aus zwey Winkeln eines Dreiecks auf die Mitte der gegen über stehenden Seitenlinien gerade Linien zieht, so ist der Durchschnittspunct dieser Linien der Schwerpunct des Dreiecks; und wenn man aus irgend einem Winkel eines Dreiecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegen über stehenden Seitenlinie zieht, so liegt der Schwerpunct in dieser Linie $\frac{2}{3}$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog (Fig. 27.). In einer Pyramide und in einem Kegel liegt der Schwerpunct in der Achse, und zwar in der Entfernung von $\frac{3}{4}$ derselben von der Spitze; in einer Halbkugel $\frac{3}{8}$ in der Höhe der senkrechten Linie aus dem Mittelpuncte der Grundfläche gezogen.

Lacien's Lehrbegriff der gesamten Mathematik, 1 Th. 1. S. 11. C. 49. II.

§. 275. Wenn ein gerader Cylinder, ein gerades Prisma, eine gerade Pyramide, oder ein gerader Kegel, oder eine Halbkugel lothrecht stehen, so wird jeder Punct der Grundfläche von dem Gewichte aller Theilchen gedrückt, die sich lothrecht darüber befinden; es ist also eben so viel, als wenn die Grundfläche selbst schwer,

schwer, und das Gewicht derselben durch den Raum dieser Fläche gleichförmig vertheilt wäre. Wirkin werden auch diese Körper unterstützt seyn, wenn der Mittelpunct ihrer Grundfläche lothrecht unterstützt ist.

Eursten's Anfangsgr. der Naturl. §. 29.

§. 276. Wenn der Schwerpunct eines festen Körpers lothrecht unterstützt ist, so kann der Körper selbst nicht herabsinken, und der ganze Körper wird vor dem Falle geschützt. Wenn hingegen die Verticals linie vom Schwerpuncte gezogen ansehrhalb der Unterstützung liegt, so fällt der Körper, und zwar nach der Seite hin, wo der Schwerpunct liegt. Es ist im ersten Falle gar nicht nöthig, daß der Schwerpunct selbst unmittelbar gehalten werde, was in vielen Fällen gar nicht einmal anginge; so kann z. B. bey einer festen Kugel ihr Mittelpunct, wenn er ihr Schwerpunct ist, nicht unmittelbar unterstützt werden, weil die ihn allenthalben umgebende Masse derselben es hindert. Es braucht nur ein Punct A oder B (Fig. 28.) unterstützt zu seyn, der in der Verticals linie AB liegt, welche durch den Schwerpunct C in der Richtung der Schwere geht. In dieser Richtung wird der Schwerpunct durch die Schwere gegen den Horizont zu sollicitirt, und eine Kraft, die dem Gewichte des Körpers in dieser Richtung vollkommen widersteht, wird das Fallen des Schwerpunctes, folglich des ganzen Körpers, verhüten. Diese Richtung ACB heißt die Directions linie des Schwerpunctes, oder die mittlere Richtung der Gewichte aller schwereren Theile des Körpers.

§. 277. Wenn ein schwerer Körper so aufgehängt wird (Fig. 28.), daß der Mittelpunkt der Bewegung mit dem Mittelpuncte der Schwere C übereinstimmt, und der Körper sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht weichen könnte, so wird es in jeder Lage ruhen, und es ist eben so gut, als ob alle übrige Theile außerhalb des Aufhängungspunctes keine Schwere hätten.

§. 278. Wenn der unterstützte Punct, an welchem der Körper hängt, höher liegt als der Schwerpunct, und z. B. der Körper (Fig. 28.) in dem Puncte A unterstützt wird, so ist der Körper nur dann in Ruhe, wenn der Aufhängungspunct A in einer geraden Linie mit der Directionslinie CB des Schwerpunctes C liegt. Der Körper kann in diesem Zustande des Gleichgewichtes sich nicht um A drehen, ohne daß sein Schwerpunct nicht stiege. Bei einer Abweichung, auch bei der geringsten, der geraden Linie AC von der verticalen Richtung wird sich der Körper bewegen, und von selbst in die Lage zu verfallen streben, in welcher AC vertical, oder in der Directionslinie des Schwerpunctes CB ist. Der Schwerpunct eines aufgehängten oder sonst beweglichen Körpers sinkt also immer herab, und zwar so tief als er kann. Er nimmt also unter allen möglichen Stellen jederzeit die niedrigste ein, die er erhalten kann, ohne vorher zu steigen.

Hierauf gründet sich auch die Methode, den Schwerpunct mechanisch zu finden.

§. 279. Wenn B der unterstützte Punct ist (Fig. 28.), und niedriger liegt, als der Schwerpunct C, so kann kein beharrliches Gleichgewicht Statt finden, sondern es verursacht die geringste Abweichung der geraden Linie BC von der Directionslinie des Schwerpunctes, daß der Körper umfallen, und sich in eine andere Lage versetzen muß, worin die Directionslinie seines Schwerpunctes entweder senkrecht unterstützt ist, oder andere Ursachen sein Fallen verhindern.

Eine Kugel kann auf einer waagerechten Ebene in jeder Lage ruhig liegen, weil diese die Directionslinie des Schwerpunctes senkrecht unterstützt; die geringste Abweichung der Ebene von der horizontalen Lage macht, daß die Kugel darauf herabrollt.

Es ist zwar an sich möglich, daß ein Kegel auf seiner Spitze ruhen kann, wenn seine Achse vollkommen lotbrecht steht; aber die allerkleinste Abweichung von dieser lotbrechten Richtung würde ihn zum Umfallen bringen.

Hartens Anfangsgr. der Naturw. I. 49.

§. 280. Wenn die Directionslinie des Schwerpunctes innerhalb der unterstützten Grundfläche eines Körpers fällt, so kann der Körper nicht durch sein eigenes Gewicht umfallen. Wenn aber die Directionslinie außerhalb der unterstützten Grundfläche fällt, so fällt der Körper um, und zwar nach der Seite hin, wohin der Schwerpunct liegt. Es ist im ersten Falle nicht nöthig, daß alle Puncte der Grundfläche unterstützt sind, sondern die unterstützten Puncte brauchen nur die Winkelpuncte einer ebenen geradlinigen Figur auszumachen, wenn man sie mit geraden Linien zusammenzieht, und die Verticallinie durch den Schwerpunct oder die Directionslinie desselben muß eine Stelle der waagerechten Ebene treffen, die innerhalb der Gränzen jener Figur liegt.

Ein

Phänomene schwerer fester Körper. 185

Ein Tisch auf drey Füßen steht fest, und fester als auf vieren, weil jene allemal in einerley Ebene fallen, welches bey vieren nicht der Fall ist, wenn der Boden nicht völlig waagerecht ist, und alle Füße genau gleich lang sind.

§. 281. Aus der Anwendung der Theorie vom Schwerpunkte lassen sich verschiedene Phänomene und Versuche erklären. Dahin gehören:

- 1) Die Erscheinungen des chinesischen Purzelmannes.

Muschenbroeck introd. ad philol. nat. §. 908.

- 2) Die Einrichtung und Wirkung eines Wegmessers, oder Gedometers.

Sigaud de La Fond éléments de Physique T. II. §. 277; dessen Anweisung zur Experimentalphys. §. 122. a.

- 3) Die Lampe des Cardanus.

Sigaud a. a. O. §. 76.

- 4) Die Stellung einiger Gebäude, die zu fallen scheinen, und doch sicher stehen, wie z. B. der Thurm zu Pisa und Bologna.

Cesari mechanica. L. B. 1684. 4. I. c. 9.

- 5) Der Mechanismus des Stehens, Gehens, Aufstehens und der verschiedenen Beugungen bey Menschen und Thieren.

Petrus Borellus de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18 - 22. Desaguliers course of experimental philosophy II. §. 44.

Wenn Menschen geht die Directionslinie seines Schwerpunkts, wenn er auf zwey Füßen steht, durch das Pericentrum.

- 6) Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene.

Desaguliers a. a. O. II. §. 38. A. G. Adämers Untersuchung des Cylinders, der sich eine schiefe Fläche hinauf zu wälzen scheint; im 1. B. der deutschen Schriften der Königl. Soc. d. W. zu Göttingen S. 113.

- 7) Ein doppelter Kege!, der über zwei schiefen Flächen hinanfwärts zu rollen scheint.

Geo. Wolff. *Epist. explicatio experimenti paradoxo de ad-
scentia conii duplicis in altum spontaneo; in den com-
ment. Petrop. T. VI. S. 389.*

- 8) Die Künste der Balanciers und Aequilibri-
sten.

Schöters physikal. Wörterbuch, Th. III. S. 933.

- 9) Das Aufhängen eines Eimers voll Wasser an
die Klinge eines Messers, das frey auf einem
Tische liegt.

Sigaud a. a. O. S. 281.; dessen Anweisung zur Experimental-
physik. S. 224.

- 10) Allerley andere Spielwerke, wie der kleine
Seiltänzer von Holz, die kleinen Männehen
von Kork unten mit Blei, die von selbst aufste-
hen, u. dergl.

Schwenkers mathematisches Handbuch, S. 2. Th. 2. Aufg.
S. 6. 7.

Gleichgewicht fester Körper.

§. 282. Eine gerade unbiegsame Linie AB (Fig. 43.), oder aB (Fig. 44.), ohne Schwere, und in einem gewissen Puncte so unterstützt, daß sie sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht in Bewegung zu kommen vermag, und an der man sich zwey wir-
kende Kräfte vorstellen kann, heißt ein Sebel (Ve-
ctis), und zwar ein mathematischer geradliniger
Sebel; sonst aber, wenn die Linie selbst schwer ist,
ein physischer Sebel. Der unterstützte Punct c
heißt der Ruhopunct, oder Bewegungspunct (Cen-
trum

trun motus); das, was ihn unterstützt, wie τ (Fig. 43.), die Unterlage (Fulcrum, Hypomochlium), die auch manchmal gar Ueberlage wird (Fig. 44.), oder auch als Zapfen anzusehen ist. Die Kräfte (Potentiae), die den Hebel in der entgegengesetzten Richtung zu drehen streben, heißen nach ihrer verschiedenen Bestimmung die Kraft (Vis) und die Last (Onus), die man sich auch als ziehende Gewichte vorstellen kann.

§. 283. Wenn der Ruhepunkt (Fig. 43.) am Hebel zwischen den beiden Punkten A und B, an welchen die Gewichte angebracht sind, oder zwischen der Kraft und der Last liegt, so heißt er ein Hebel der ersten Art, oder ein doppelarmiger Hebel (Vectis heterodromus); wenn aber die Stellen, woran die entgegengesetzten Kräfte angebracht sind, beide an Einer Seite des Ruhepunkts liegen, (wie Fig. 44. und 45.), so ist es ein Hebel der andern Art, oder ein einarmiger Hebel (Vectis homodromus). Bei dem erstern gehen die beiden Kräfte nach verschiedenen Seiten, wenn er sich bewegt; bei diesem gehen sie beide nach einerley Seite. Es sind vom Hebel der andern Art zweyerley Gattungen: eine, wo die Last in der Mitte ist, zwischen dem Ruhepunkte und der Kraft; und eine, wo die Kraft zwischen dem Ruhepunkte und der Last liegt.

Beispiele von physischen Hebeln der ersten Art geben die gemeinen Hebdäume, der Geißfuß der Maurer, die Krämerwaage; die Schneelwaage, Sägen, Bananen.

Beispiele von Hebeln der zweyten Art; der ersten Gattung: die Ruden eines Schiffes, ein Schleifarren; der zweyten Gattung: eine Schenkel, eine Gabel, ein Arm des menschlichen Körpers, wenn er eine Last hebt.

§. 284. Gleiche Gewichte F und D (Fig. 43.), die am doppelarmigen Hebel AB in gleichen Entfernungen vom Ruhepunkte c frey hängen, erhalten einander im Gleichgewichte (§. 83.). Ungleiche Gewichte hingegen in gleichen Entfernungen erhalten einander nicht im Gleichgewichte; das größere zieht das kleinere in die Höhe (§. 84.).

§. 285. Die Unterlage f (Fig. 43.) trägt bey dem doppelarmigen Hebel AB die Summe der Gewichte D und F , die an beyden Seiten ziehen, und im Gleichgewichte stehen. Wenn daher statt der Unterlage eine Kraft der Richtung der Schwere des Ruhepunktes entgegen jöge, so würde der Hebel ebenfalls unterstützt seyn, und es würde alles ruhen.

§. 286. Nimmt man in diesem letztern Falle (§. 285.) das Gewicht D an dem einen Arme des Hebels Ac weg, und befestigt dagegen diesen Punkt A , oder giebt ihm eine unbewegliche Ueberlage (Fig. 44.), so wird er ein einarmiger Hebel; aber er bleibt doch in Ruhe, obgleich die Kraft F an dem andern Ende B nur halb so groß ist, als die Kraft P , die ihn in der Mitte in der entgegengesetzten Richtung AK zieht. Die einfache Kraft F hält also bey der doppelten Entfernung $Bc = 2 Ac$ der doppelten Kraft P bey der einfachen Entfernung Ac das Gleichgewicht. Auf eine ähnliche Art läßt sich dieses auch am doppelarmigen Hebel beweisen. Denn man könnte diesen einarmigen Hebel cAB jenseits der Ueberlage f um die Hälfte cA verlängern, die Ueberlage wieder zur Unterlage machen, wie Fig. 46., und das

das doppelte Gewicht P an das Ende G des verlängerten Arms aufhängen, das nur mit dem vorigen, nach der eingezeichneten Richtung in A stehenden, doppelten Gewichte im Gleichgewichte stehen würde. Da dieses aber mit dem einfachen F vorher (Fig. 44.) im Gleichgewichte war, so muß auch nun bei dem doppelarmigen Hebel (Fig. 46.) das einfache Gewicht F bei der doppelten Entfernung $cB = 2$ dem doppelten Gewichte P bei der einfachen Entfernung $cG = 1$ das Gleichgewicht halten.

Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel leitete Carnotius aus dem im folgenden §. 272. angeführten Satze her; Varignon aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (*Nouvelle mécanique ou statique. à Paris. 3 Vol. 4.*). Ich habe hier den von Hrn. Kästner gegebenen, weit evidentern, Beweis kurz mitgetheilt. Die weitere Ausführung sehe man in dessen *Vectis et compositionis virium theoria evidentiis exposita. Lips. 1753. 4.*

Die Anwendung des Grundsatzes des Archimedes auf beide Arten von Hebel, den doppelarmigen so wohl als den einarmigen, sehe man in: *Observations of the fundamental property of the lever, with a proof of the principle assumed by Archimedes in his demonstration. by S. Vince: in den phil. Transact. 1794. P. 1. S. 33. ff.*

§. 287. Das Gesetz, des Gleichgewichts der Kräfte am mathematischen Hebel jeder Art heißt diesseits: Die senkrecht am Hebel wirkenden Kräfte sind im Gleichgewichte, wenn ihr Verhältniß in umgekehrter Ordnung einerley ist mit dem Verhältnisse ihrer Entfernungen vom Ruhepunkte; oder: Die Kraft ist vermindert, die last zu erhalten, wenn sie sich dazu verhält, wie die Entfernung der last vom Ruhepunkte zu der Entfernung der Kraft von demselben.

So ist also Fig. 46. F im Gleichgewichte mit P , wenn $F : P = Gc : Bc$, und Fig. 44. F im Gleichgewichte mit P , wenn $F : P = Ac : Bc$.

§. 288. Das Product, welches gefunden wird, wenn man die Last oder Kraft, oder überhaupt die Gewichte, mit ihrer Entfernung vom Ruhepunkte multiplicirt, heißt das Moment der Last oder Kraft. Kraft und Last erhalten einander im Gleichgewichte am Hebel, wenn ihre Momente gleich sind.

Wenn (Fig. 46.) $F = 4$ Pf. und $P = 4$ Pf. beträgt, so muß, wenn Gleichgewicht Statt finden soll, (nach §. 286.), $Bo : Go = 4 : 2$ seyn. Wenn wir nun diese Entfernungen vom Ruhepunkte $Bo = 4$ und $Go = 2$ mit den in B und G applicirten Gewichten F und P multipliciren, so erhalten wir $2 \cdot 4 = 4 \cdot 2$, also gleiche Momente. Weil nämlich im Zustande des Gleichgewichts $F : P = Go : Bo$, so ist auch $F \times Bo = P \times Go$.

§. 289. Wenn die Richtungen der Kräfte am Hebel nicht senkrecht darauf wirken, wie wir bisher angenommen haben, sondern unter einem schiefen Winkel, so ist die aus dem Ruhepunkte auf die Richtungslinie gezogene Perpendicullinie für die Entfernung der Kräfte vom Ruhepunkte zu halten, und es ist Gleichgewicht da, wenn die Producte der Kräfte in diese Entfernungen, oder wenn die Momente gleich sind.

Es sey AoB (Fig. 47.) ein doppelarmiger Hebel, auf dem die Kräfte R und P in den schiefen Richtungen AK und BP wirken. Hier sind die auf diese Richtungen aus dem Ruhepunkte gezogenen Perpendicul oD und oK für die Entfernungen dieser Kräfte vom Ruhepunkte zu halten, und es ist Gleichgewicht da, wenn $R : P = Ko : Do$, oder wenn $R \times Do = P \times Ko$. Man kann sich nämlich vorstellen, daß das rechtwinklige Dreieck oDA um c gedreht werden könne; in diesem Falle wird die Kraft R , bezogen auf die Linie AD angebracht, mit dem Momente $R \times Do$ wirken. Da sie nun das ganze Dreieck oAD eben so stark mitdreht, wenn sie oD dreht, so muß sie es auch in Aufhebung oA thun; folglich ist das Moment, womit sie auf oA wirkt, $R \times oD$. Was von oA gilt, gilt auch von oB .

§. 290. Einerley Potenzen, die an einerley Punkte des geradlinigen Hebels applicirt sind, aber unter verschiedenen Richtungen darauf wirken, müssen sich, wenn sie gleich stark darauf wirken sollen, umgekehrt wie die Sinus der Winkel verhalten, den ihre Richtungen mit dem Hebel machen.

Wenn also an dem einarmigen Hebel OA (Fig. 42.) zwei Kräfte R und P an einerley Punkte A angebracht sind, und unter den schiefen Richtungen AB und AP wirken, so kann nur dann Gleichgewicht erfolgen, wenn $R : P$ als $oP : oR$, oder wenn $R \times oR = P \times oP$.

Wenn die Kraft S (Fig. 47.) senkrecht auf den Hebelarm CB wirkt, und thut R im Gleichgewichte ist, so ist $S : P = CB : cB$, d. i., wie der Sinus des Winkels cBP oder cBE zum Sinus totus.

§. 291. Eine Kraft am Hebel vermag also, bei übrigen gleichen Umständen, mehr, wenn sie senkrecht, als wenn sie schief darauf wirkt.

§. 292. Die Bogen, durch welche die Aufhängepunkte der am Hebel im Gleichgewichte stehenden Gewichte bewegt werden können, verhalten sich wie ihre Entfernungen vom Ruhepunkte; und es ist also einerley Kraft nöthig, ein einfaches Gewicht durch einen doppelten, dreysfachen, u. s. w. Raum zu führen, als ein doppeltes, dreysaches u. s. w. Gewicht durch den einfachen Raum; oder die Geschwindigkeit des einfachen Gewichts ist zweymal, dreymal u. s. w. größer, als die Geschwindigkeit des doppelten, dreysfachen u. s. w. Gewichts. So viel man also durch weitere Entfernung der Kraft vom Ruhepunkte des Hebels an der Kraft erspart, so viel verliert man an der Geschwindigkeit der Last.

Setzt, an dem doppelarmigen Hebel AA' (Fig. 49.) sey in A eine Kraft applicirt, die viermal weiter vom Ruhepunkte

te c entfernt ist, als die Last in A von c , so wird sie zwar viermal kleiner zu seyn brauchen, als die Last in A , um ihr das Gleichgewicht zu halten; aber sie wird die Last in A nur durch den einfachen Raum Aa heben, während sie den vierfachen Raum Bb durchläuft. Denn $Bb : Aa :: ab : cA$. Wenn in dem Punkte B das einfache Gewicht, und in dem Punkte A das vierfache Gewicht angebracht wäre, so würden sie im Gleichgewichte seyn, weil $4 \cdot cA = 1 \cdot cB$. Aber bey der Bewegung des Hebels würde der Raum, den A durchläuft, zu dem, welchen B in eben der Zeit beschreibt, sich verhalten wie $1 : 4$. Es wären also die Producte aus den Gewichten in ihre respectiven Geschwindigkeiten proportional; folglich wäre gleiche Größe der Bewegung da, und also Gleichgewicht. Hieraus eben beruht der Cartesische Satz vom Gleichgewichte der Kräfte am Hebel (§. 286. Anm.).

§. 293. Bey dem physischen Hebel, welches jeder wirkliche Hebel ist, kommt das Gewicht seiner Arme selbst in Betracht. Man kann ihn aber leicht auf einen mathematischen zurückbringen, wenn das Gewicht seiner Arme bekannt ist, das man nur im Schwerpunkte derselben vereinigt annehmen, und aus der Entfernung dieses Schwerpunktes vom Ruhepunkte leicht berechnen kann, wie viel Gewicht am kürzern Arme nöthig sey, um das Gleichgewicht des Schwerpunktes vom längern Arme zu erhalten.

Bestätigung durch Versuche mit Leupolds Universalwaage.

Auch läßt sich hieraus leicht erklären, warum bey einem auf einem scharfkantigen Tische freiliegenden Stode eine ziemlich große Last an das kurze hervorragende Ende des Stodes gehängt werden kann.

Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegungen der Gliedmaßen, und der durch sie zu überwindenden Lasten vermittelt der Muskeln. (*Petri Borelli* oben §. 281. 4.) angeführtes Werk; *Parva* Recherches de Mathématique et Physique. à Paris, 1713. T. II. S. 632. ff., S. 662. ff., und 694. ff., T. III. S. 335.; ingleichen *Schlers physik. Wörterb. Bd. III. S. 295. ff.*)

§. 294. Die Gesetze des geradlinigen Hebels lassen sich leicht auf den Winkelhebel oder gebrochenen Hebel (*Vectis angularis*); die Rolle oder Schei-
be

bei Tröcheln, den Flechtzung (Polyplastus), das Rod an der Welle (Axis in peritrochio) anwenden. Die nähere Bestimmung und weitere Ausführung der Lehre von denselben gehören aber eigentlich für ein Lehrbuch der angewandten Mathematik.

Stoß fester Körper.

§. 295. Wenn ein schwerer Körper auf einer horizontalen Tafel liegt, und darauf bei seiner Bewegung die Friction nicht in Anschlag gebracht wird, oder, wenn er an einem Faden aufgehängt ist, so wird Kraft nöthig sein, ihn in Bewegung zu setzen; das heißt, die zu seiner Bewegung angewandte Kraft wird eine Verminderung erleiden, und er wird Widerstand leisten, um aus Ruhe in Bewegung zu kommen, nicht wegen seiner Trägheit, wie man sich gewöhnlich die Sache vorstellt, sondern, weil er von der Richtungslinie der Schwere stetig abgelenkt werden soll, wie bei der Wurfbewegung. Wir müssen hier nun noch die Gesetze, welche die solcher Gestalt, durch den Stoß bewegten Körper befolgen, näher betrachten. Diese Gesetze werden durch besondere Eigenschaften der Körper, je nachdem sie entweder rigid, oder federhart, oder weich sind, modificirt. Nun giebt es zwar in der Natur keine bloß rigid. Körper, die nicht zugleich auch Federkraft (§. 127.) hätten, und die Gesetze des Stoßes der erstern können daher nur unvollkommen durch Erfahrung bestätigt werden; wir können uns aber doch hier bei der allgemeinen Betrachtung der Körper jene Eigenschaften

ten als abgesondert vorstellen, um so allgemein mögliche Fälle zu erhalten, nach denen die wirklichen bestimmt werden.

§. 296. Der Stoß findet Statt auf eine dreifache Art: 1) zwischen einem sich bewegenden und einem ruhenden Körper; 2) zwischen zwei Körpern, die sich nach einerley Richtung bewegen, der nachfolgende aber mit größerer Geschwindigkeit, als der erstere vorangehende; und 3) zwischen zwei Körpern, die sich nach entgegengesetzter Richtung bewegen.

§. 297. Da die Größe der Bewegung eines bestehenden Körpers nicht allein von der Masse, sondern auch von der Geschwindigkeit desselben abhängt (§. 105.); so muß auch bey der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß auf beyde Rücksicht genommen werden, und ferner auch darauf, ob der Stoß gerade oder schief (§. 39.) geschieht. Wir betrachten hier nur den erstern.

§. 298. Bey dem geraden Stöße vollkommen elastischer Körper finden folgende Gesetze Statt, die sich aus dem Vorhergehenden leicht erklären lassen:

1) Wenn ein vollkommen harter unelastischer Körper auf einen andern vollkommen harten unelastischen, welcher fest und unbeweglich ist, stößt, so ruhen beyde nach dem Stöße.

2) Ist der ruhende auch beweglich, so vertheilt sich die Geschwindigkeit des bewegten unter beyde nach dem Verhältnisse ihrer schweren Massen oder Gewichte, oder: die Geschwindigkeit beyder nach dem Stöße ist gleich der Größe der Bewegung des stoßenden

den Körper durch die Summe der schweren Massen oder der Gewichte dividirt.

Wenn wir die Gewichte oder die schweren Massen P, p , die Geschwindigkeiten vor dem Stöße C, c , und nach dem Stöße z nennen wollen, so ist $z = \frac{C \cdot P}{P + p}$.

3) Wenn sich beide Körper nach einerley Richtung bewegen, so können sie nur dann auf einander ruhen, wenn sich der vorangehende mit geringerer Geschwindigkeit bewegt. Dann wird nach dem Stöße die Geschwindigkeit des anstoßenden kleiner, und die des gestoßenen größer werden müssen, und die Geschwindigkeit beider wird gleich seyn der Summe der Größen der Bewegungen, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

$$\text{Es ist hiernach } z = \frac{CP + cp}{P + p}$$

4) Wenn sich beide Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, so müssen sie nach dem Stöße ruhen, wenn die Größen ihrer Bewegung gleich waren; d. h., wenn entweder die Geschwindigkeit bey gleich schweren Massen gleich war, oder die Producte der schweren Massen durch die Geschwindigkeiten bey beiden gleich waren.

5) Sind aber bey dieser entgegengesetzten Richtung die Größen der Bewegung in beiden ungleich, so gehen beide Körper nach dem Stöße in der Richtung desjenigen Körpers fort, der die größere Bewegung hatte, und zwar muß die Geschwindigkeit beyder dann gleich seyn der Differenz der Größen der Bewegung beider Körper, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

$$\text{Es ist also } z = \frac{CP - cp}{P + p}.$$

Bestätigung durch Versuche mit Thonkugeln, die an der Luft mäßig getrocknet worden sind.

Um diese Versuche mit Sicherheit und Bequemlichkeit anstellen zu können, hat man eigene Vorrichtungen, die unter dem Namen der Percussionsmaschine oder der Stoßmaschine des Mariotte bekannt sind. (De la percussion ou choc des corps, in den *Oeuvres de Mariotte*, à la Haye 1740. T. I.) & Gravesande (*Physicae elem. mathemat. L. I. c. 23.*) und Wollstet (*Leçons de physique T. I. Lec. 4. Sect. 3.*) haben solche Maschinen umständlich beschrieben.

Wenn man die sich stoßenden Kugeln in Bogen, wie Pendul, fallen läßt, so verhalten sich die Geschwindigkeiten an der untersten Stelle nur dann nahe wie die Bogen selbst, wenn diese sehr klein sind; bey größern Bogen hingegen kann man die Geschwindigkeiten keinesweges durch die Bogen selbst messen, sondern jene verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den senkrechten Fallhöhen (§. 213. 3.)

Zur Entwicklung der Theorie dieser Gesetze des contraslen Stosses harter oder rigider Körper müssen wir auf die Gesetze der reinen Bewegungslehre zurückgehen.

- 1) Gesetz, der gestoßene Körper ist nach dem zweiten Falle ruhend und beweglich, so wird der stoßende auf den ruhenden als auf einen Widerstand wirken, und von seiner Größe der Bewegung so viel verlieren müssen, als der Widerstand des ruhenden beträgt. Er wird also genau den Theil seiner Kraft verlieren, der erforderlich ist, den ruhenden nach dem Stöße mit der Geschwindigkeit zu bewegen, mit dem er selbst nach dem Stöße noch seine Bewegung fortsetzt. Es ist nämlich klar, daß dieselbige Kraft, die die einfache widerstehende Masse mit der einfachen Geschwindigkeit bewegt, die doppelte Masse mit der halben Geschwindigkeit, die dreifache Masse mit dem dritten Theile dieser einfachen Geschwindigkeit bewegen werde, und überhaupt mit einer Geschwindigkeit, die der zu bewegenden Masse umgekehrt proportional ist. Bey dem Zusammentreffen der stoßenden Masse und der ruhenden gestoßenen machen nun beyde zusammen eine vergrößerte widerstehende Masse aus, die nicht mehr von der vorigen Kraft mit derselbigen Geschwindigkeit bewegt werden kann. Nun ist bey dem Zusammentreffen keine andere Kraft da, als die der stoßenden Masse inhärent, folglich wird die Geschwindigkeit der stoßenden Masse vor dem Stöße zur gemeinschaftlichen Geschwindigkeit beyder Massen nach dem Stöße sich verhalten, umgekehrt, wie die Summe der Massen zu der stoßenden Masse. Wenn also die stoßende Masse P , die ruhende p , und die Geschwindigkeit der stoßenden C heißt, so ist $z : C =$

$$P : P + p, \text{ folglich } z = \frac{PC}{P + p}, \text{ wie nach (2).}$$

$$\text{Ist } P = p, \text{ so wird } z = \frac{1}{2}C.$$

Wenn

Phänomene schwerer fester Körper. 137

Wenn man die einzelnen beweglichen Massen mit der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit nach dem Stöße, oder mit z , multiplicirt, so wird die Größe der Bewegung beider zusammen so seyn, wie die Größe der Bewegung vor dem Stöße war, also ungedändert. Denn $z \cdot P + z \cdot p$

$$= \frac{PC}{P + p} \cdot P + \frac{PC}{P + p} \cdot p = PC.$$

II) Ist die ruhende Masse unbeweglich, so ist sie als unendlich groß gegen die stoßende anzusehen, und die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stöße wird als unendlich klein verschwinden; sie werden also, beyde nach dem Stöße ruhen (1).

III) Wenn die Masse p nicht ruhend, sondern auch in Bewegung ist, und zwar mit einer Geschwindigkeit C , in einerley Richtung, als P ; so kann natürlicher Weise kein Stoß geschehen, wenn $c = C$, welcher nur geschehen kann, wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit p vorangeht, und P mit der größern Geschwindigkeit C nachfolgt. P kann aber in diesem Falle nicht mit seinem ganzen C , sondern nur mit dem Ueberschusse seiner Geschwindigkeit, oder mit $C - c$, wirken. In der gemeinschaftlichen Größe der Bewegung, die beyde Massen haben, wird also noch der Ueberschuß der Größe der Bewegung $[(C - c)P]$ der größern hinzukommen und unter beyde Massen gleichförmig vertheilt werden. Es ist also nach dem Stöße

$$z = \frac{(C - c)P + Pc + pc}{P + p} = \frac{PC - Pc + Pc + pc}{P + p}$$

$$= \frac{PC + pc}{P + p}, \text{ wie angegeben ist (3).}$$

Die Geschwindigkeit, welche p gewinnt, ist

$$= \frac{CP + cp}{P + p} - c = \frac{CP - cp}{P + p}, \text{ und die Geschwindigkeit, welche } P \text{ verliert, ist } = C - \frac{CP + cp}{P + p} = \frac{Cp - cp}{P + p}.$$

Die Größe der Bewegung beyder nach dem Stöße ist wie die Summe der einzelnen Größen der Bewegung vor dem

$$\text{Stöße. Denn } zP + zp = \frac{PC + pc}{P + p} \cdot P + \frac{PC + pc}{P + p} \cdot p = PC + pc.$$

IV) Wenn beyde betheiligte Körper in entgegengesetzter Richtung mit gleichen Kräften, d. i., mit gleicher Größe der Bewegung, an einander stoßen, wenn nämlich $PC = pc$, oder $P : p = c : C$; so kann keine Bewegung erfolgen, sondern beyde Bewegungen müssen nach dem Gesetze des §. 83. sich wechselseitig aufheben (4).

V) Wenn aber bey dieser entgegengesetzten Richtung PC und pc ungleich sind, so muß das Gesetz des §. 84. eintreten. Es sey nämlich $PC > pc$, so wird es einen gewissen Theil x der Geschwindigkeit C geben, der mit P multiplicirt eine

eine Größe der Bewegung $Px = po$ macht. Beide würden sich gegen einander aufheben, und also Ruhe hervorbringen, wenn die Körper mit den Kräften Px und po gegen einander direct stießen. Es ist nun noch ein Theil d von der Geschwindigkeit übrig, oder $d = C - x$, der die Größe der Bewegung Pd hervorbringt, die sich dann unter die beweglichen Massen P und p theilt und sie in Bewegung nach der Richtung von C versetzt. Die gemeinsame Geschwindigkeit nach dem Stöße, oder z , ist also =

$$\frac{Pd}{P + p}. \text{ Weil nun } Px = po, \text{ so ist auch } P : p = c : x,$$

und also $x = \frac{po}{p}$. Da nun $d = C - x$, so ist auch

$$d = C - \frac{po}{p} = \frac{PC - po}{p}. \text{ Wenn wir nun diesen Werth}$$

von d in der ersten Formel dafür substituiren, so ist $z =$

$$\frac{PPC - Ppo}{PP + Pp} = \frac{PC - po}{P + p} \quad (5).$$

Die Größe der Bewegung nach dem Stöße ist $= PC - po$, wie man leicht finden wird, und also gleich der Differenz der Größen der Bewegung vor dem Stöße. Wenn man aber die Größen der Bewegung nach einerley Richtung, nämlich nach der Richtung der größern Kraft, nimmt; so ist die schwächere in Ansehung dieser Kraft negativ, und dann ist die Größe der Bewegung vor und nach dem Stöße für gleich zu achten.

§. 299. Wenn getoßene Körper federhafter (§. 126.) oder so genannter elastischer Körper kommt noch in Betracht, daß von einer äußern auf sie wirkenden Kraft ihre Theile zusammengebrückt werden, aber auch mit eben der Kraft zugleich zurückwirken, und also dadurch Veränderungen in der Bewegung hervorbringen. Aus den Kräften des Stoßes und der Zurückwirkung federhafter Körper, (deren Federkraft wir hier gleich stark annehmen,) entspringen folgende Gesetze:

1) Wenn ein elastischer Körper an einen andern gleich elastischen ruhenden und unbeweglichen anstößt, so springt er mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück.

2)

2) Wenn der ruhende Körper beweglich und von gleichem Gewichte ist, so bekommt er die ganze Geschwindigkeit des stoßenden, und dieser ruhet dagegen.

3) Wenn hingegen der ruhende bewegliche Körper von ungleichem Gewichte ist mit dem bewegten, so ist die neue Geschwindigkeit des anstoßenden zur vorigen wie die Differenz der Gewichte zu ihrer Summe, und die Geschwindigkeit des angestoßenen wie das doppelte Gewicht des anstoßenden zu beiden Gewichten.

4) Wenn sich zwei elastische Körper von gleichem Gewichte nach einerley Richtung bewegen, und zwar wie §. 128. Nr 3., so werden sie beyde nach dem Stöße zwar nach einerley Richtung zu gehen fortfahren, aber mit verwechselten Geschwindigkeiten.

5) Wenn sich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen und die Größe ihrer Bewegung gleich groß ist, so werden sie mit eben der Geschwindigkeit von einander zurückspringen, mit der sie gegen einander liefen.

6) Ist aber bey diesem Falle die Geschwindigkeit ungleich, das Gewichte aber gleich, so verwechseln sie nach dem Stöße ihre Geschwindigkeiten beyg Zurückspringen.

Versicherung durch Versuche mit eisenbeturnern Kugeln.

1) Zur Entwidlung der Theorie wollen wir erst den Fall (a) setzen. Der stoßende Körper würde dem ruhenden die Hälfte seiner Geschwindigkeit erteilen, wenn sie beyde bloß hart und von gleichem Gewichte wären, wie vorhin erwiesen ist. Da sie beyde elastisch sind, so erleiden sie einen Eindruck, der in dem gestohrn demjenigen Theile der Größe der Bewegung oder der Gewalt des stoßenden proportional war, den dieser zur Uebervältigung des ruhenden anzuwenden mußte. Dies war die Hälfte der Größe seiner Bewegung

gang oder seiner Geschwindigkeit, weil wir gleiche Gewichte oder schwere Massen annehmen. Nach Vollendung des Stoßes stellt sich hier Eindruck wieder her, und zwar mit eben der Kraft, mit der er veranlaßt wurde. Da aber der stoßende in der Richtung widersteht, in welcher sich der Eindringende des gestoßenen wieder herstellen will, so verliert dadurch der stoßende noch die andere Hälfte der Geschwindigkeit, die er übrig behalten würde, wenn beyde Körper bloß hart wären, und wird also ruhend; oder der stoßende verliert doppelt so viel Größe der Bewegung, als er verloren haben würde, wenn beyde Körper bloß hart gewesen wären. Der stoßende erleidet auch einen Eindruck, der dem Widerstande des gestoßenen und also dem Eindringende proportional war, welchen dieser erlitt, also auch gleich der Hälfte der Gewalt, mit der er den ruhenden bewegte. Mit eben dieser Gewalt stellt sich der Eindruck wieder her, und ertheilt dadurch dem ruhenden noch einmal so viel Geschwindigkeit. Der ruhende erlangt also doppelt so viel Größe der Bewegung, als er erlangt haben würde, wenn beyde Körper bloß hart, aber nicht elastisch gewesen wären.

- II) Hieraus können wir nun allgemeinere Bestimmungen setzen. Es heiße das Gewicht des stoßenden elastischen Körpers P , seine Geschwindigkeit C , das Gewicht des elastischen ruhenden p . Die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße, oder Z , würde $\frac{PC}{P+p}$ seyn, wenn beyde Körper nicht federhart wären (s. 298. 2.); die Größe seiner Bewegung wäre dann $\frac{PpC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße, oder von $PC = \frac{PC}{P+p} P + \frac{PC}{P+p} p$ (s. 298. Num.), abziehen, so bleibt $\frac{PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung, die er durch den Widerstand des ruhenden verlor. Da er aber, weil er und der ruhende elastisch sind, durch die Reaction, wie vorher gezeigt wurde (I), doppelt so viel Größe der Bewegung verliert, so ist die verlorne Größe der Bewegung $\frac{2PpC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PpC}{P+p} + \frac{PpC}{P+p}$ abziehen, so bleibt $\frac{PpC - 2PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung des stoßenden elastischen Körpers nach dem Stoße, und es ist seine Geschwindigkeit, oder $Z = \frac{PC - pC}{P+p} = \frac{(P-p)C}{P+p}$. Es verhält sich also $Z : C = P - p : P + p$; oder die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße ist zur Geschwindigkeit

Stoßbewegungen schwerer fester Körper. 223

Geschwindigkeit beider vor dem Stöße wie die Differenz der Massen in ihrer Summe (3).

Die Geschwindigkeit des ruhenden p nach dem Stöße wäre auch $= \frac{PC}{P + p}$, wenn beide Körper unelastisch und bloß hart wären, und seine Größe der Bewegung $\frac{pPC}{P + p}$ (s. 292. Anm.); da er aber elastisch ist, so wird

durch die Reaction die Größe der Bewegung desselben nach dem Stöße $= \frac{2pPC}{P + p}$, und folglich die Geschwindigkeit $z =$

$\frac{2PC}{P + p}$. Es ist also $z : C = 2p : P + p$; oder die Geschwindigkeit des gestossenen ist zur Geschwindigkeit des stoßenden wie das doppelte Gewicht des stoßenden zur Summe der Gewichte beider (3).

III) Ist $P = p$, so ist Z oder $\frac{PC - pC}{P + p} = 0$, und z oder $\frac{2PC}{P + p} = C$; oder der stoßende ruhet nach dem Stöße, und der gestossene bekommt die ganze Geschwindigkeit des stoßenden (2).

IV) Wenn $P > p$, so ist $Z = \frac{PC - pC}{P + p}$ eine positive Größe; wenn aber $P < p$, so wird Z negativ: z oder $\frac{2pC}{P + p}$ ist aber immer positiv. Wenn also der stoßende weniger Gewicht hat als der ruhende, so springt er nach dem Stöße vom letztern mit der Geschwindigkeit Z zurück; der gestoßene aber wird nach der Richtung des stoßenden bewegt.

V) Wenn die Masse des ruhenden p fest und unbeweglich ist, so ist sie gegen den stoßenden P als unendlich groß anzusehen; in diesem Falle vermindert sich die Geschwindigkeit Z des stoßenden nach dem Stöße, oder $\frac{PC - pC}{P + p}$, in $\frac{PC - \infty C}{P + \infty} = -C$, oder der stoßende wird mit derselben Geschwindigkeit reflectirt, mit der er anstieß (1). Die Geschwindigkeit der unendlich großen gestossenen Masse nach dem Stöße wäre $\frac{2pC}{P + \infty}$, oder unendlich klein, oder für nichts zu nehmen.

VI) Wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit c vorangeht, und P folgt mit der größern Geschwindigkeit C nach, so wird der Stöße nur mit $C - c$ geschehen können (s. 292. Anm. III.). Wenn die Körper nicht elastisch wären, so würde p durch den bloßen Stöße allein zur Größe der Bewegung $\frac{Pp(C - c)}{P + p}$ erhalten; wegen der Reaction durch

Elasti-

Elasticität erhält p aber $\frac{2P(C-c)}{P+p}$, die zu seiner eignen Größe der Bewegung pc noch hinzukommt. Daber ist die ganze Größe der Bewegung von p nach dem Stöße $\frac{2P(C-c)}{P+p} + pc = \frac{2PC - 2Pc + Ppc + ppc}{P+p} = \frac{2PC - PpC + ppc}{P+p}$, und seine Geschwindigkeit $z = \frac{2PC - PpC + ppc}{P+p}$. Der elastische Körper P verliert von der Größe seiner Bewegung $\frac{2P(C-c)}{P+p}$ (I. und II.) wenn wir dies von seiner Größe der Bewegung vor dem Stöße $PC = \frac{PpC + PpC}{P+p}$ abziehen, so bleibt zur Größe der Bewegung nach dem Stöße $\frac{PpC + PpC - 2PpC + 2Ppc}{P+p} = \frac{PC - PpC + 2Ppc}{P+p}$. Dieses steigende P Geschwin-

digkeit Z aber ist $\frac{PC - PpC + 2Ppc}{P+p} = \frac{(P-p)C + 2pc}{P+p}$. Wenn nun $P = p$ ist (4), so wird in den angeführten Formeln, die den Werth von Z und z ausdrücken, $P+p = 2P$, $P-p = 0$; daher wird die erste Formel von z verwanbelt in C , und die von Z in c ; das heißt, die gleichen Gewichte verwechseln nach dem Stöße ihre respective Geschwindigkeiten (4).

VII). Wenn P und p in entgegengesetzter Richtung mit den Geschwindigkeiten C und c an einander stoßen, so werden die vorigen Formeln (VI) auch hier ihre Anwendung finden, nur daß c dem C entgegengesetzt, und also in Rücksicht desselben negativ genommen werden muß. Die Geschwindigkeit von p nach dem Stöße, oder z , verwanbelt sich also in $\frac{2PC + Pp - pc}{P+p} = \frac{2PC + (P-p)c}{P+p}$, und zwar nach der Richtung, in welcher P vor dem Stöße der Weg wurde; und die von P , oder Z , in $\frac{(P-p)C - 2pc}{P+p}$, und zwar in der Richtung von C .

Wenn nun hierbei $PC = pc$, so ist $z = c$ in der Richtung von C , und $Z = -C$; oder die Körper springen mit eben der Geschwindigkeit zurück, mit der sie anstießen (5).

Wenn $P = p$, so ist $z = C$ in der Richtung von C , und $Z = -c$; sie verwechseln folglich nach dem Stöße ihre Geschwindigkeiten in entgegengesetzter Richtung (6).

Wenn $(P-p)C = 2pc$, so wird, wie die Formel leicht giebt, $Z = 0$; folglich bleibt P nach dem Stöße in Ruhe,

Ank. und a mit $C + 0$, in der Richtung von C_1 oder springt mit der Geschwindigkeit $C + 0$ zurück.

Wenn endlich $(P - p) C > 2pa$, so bleibt, wie man leicht sieht, Z positiv, oder der Körper P geht mit der Geschwindigkeit Z in der Richtung seiner vorigen Geschwindigkeit C fort.

In allen Fällen bey dem Stöße elastischer Körper bleiben die Summen der respectiven Größen der Bewegung vor und nach dem Stöße gleich.

Man sehe *Chr. Scherffs Institutiones physicae*, P. I. Frib. 1763. S. 236 f., dem ich hierbey in den Erklärungen ganz gefolgt bin.

§. 300. Bey weichen Körpern finden dieselben Effekte des Stosses Statt, als bey harten Körpern, nur daß sie zugleich ihre Figur ändern, welches bey harten Körpern der Fall nicht ist und daß die Veränderung der Bewegung in eine andere, oder in Ruhe, nicht plötzlich, sondern erst nach und nach geschieht.

§. 301. Wenn ein Körper einen andern nicht unmittelbar anstößt, sondern durch einen oder mehrere andere dazwischen liegende Körper von einerley Beschaffenheit, so kann man jeden dazwischen liegenden als einen stoßenden und gestoßenen Körper ansehen, und hieraus die erfolgte Wirkung richtig beurtheilen. So pflanzt sich der Stoß durch eine Reihe gleich elastischer Kugeln bis zu der äußersten Fort: und löst man an mehrere vergleichen elastische Kugeln von einerley Gewicht eine andere von gleichem Gewichte anstoßen, so wird die letzte von allen nach §. 299. Nr. 2. mit der Geschwindigkeit abspringen, welche die erstere hatte, und diese wird ruhen; läßt man zwey anstoßen, so werden die zwey letzten abspringen, u. §. 10.

§. 302.

§. 302. Wenn die Reihe der elastischen Kugeln so ist, daß die folgende Kugel immer halb so schwer ist, als die zunächst vorhergehende, und die erste mit einer Geschwindigkeit $= C$ anstößt, so erhält, wie sich nach §. 299. Nr. 3. leicht berechnen läßt, die zweite die Geschwindigkeit $= \frac{1}{2} C$, die dritte die Geschwindigkeit von $\frac{1}{4}$ mal $\frac{1}{2} C = (\frac{1}{2})^2 C$, u. so fort, so daß z. B. die hundertste eine Geschwindigkeit von $(\frac{1}{2})^{99} C$ erhalten würde, die also mehr als 2. Billionenmal größer sein würde, als die Geschwindigkeit C der ersten stoßenden Kugel. Es versteht sich, daß hierbei in dem ganzen Systeme der stoßenden Kugeln der Stoß immer als gerade angenommen wird.

Es ist $\log. (\frac{1}{2})^{99} = 99. \log. \frac{1}{2}$. Man nehme also

$$\log. 4 = 0,602059991$$

$$\log. 3 = 0,477121254$$

$$\log. \frac{1}{2} = 0,301029996$$

Nimmt man nun $(100 - 1) \cdot \log. \frac{1}{2}$, so erhält man bequem

$$99. \log. \frac{1}{2} = 124938737$$

$$0,301029996$$

$$\log. (\frac{1}{2})^{99} = 123628437$$

Die Zahl, welcher dieser Logarithmus angehört, fällt zwischen 2338500000000 und 2338600000000.

Grundlehren der angew. Mathem. von Joh. Helm. Voigt.
Jena 1794. S. 190.

§. 303. Wenn ein elastischer Körper auf einen andern harten unbeweglichen senkrecht stößt, so wird er mit eben der Geschwindigkeit reflectirt, mit welcher er anstieß, und zwar, wie leicht einzusehen ist, in der entgegengesetzten Richtung. Eben dies erfolgt, wenn der ruhende unbewegliche Körper elastisch ist und ein harter unelastischer auf ihn stößt. Der Letztere wird natürlicher Weise ebenfalls mit gleicher Geschwindigkeit

digkeit nach der entgegengesetzten Richtung zurückgeworfen werden,

Ein Ball springt von der Mauer ab; eine eisenbeinerne Kugel von dem Steine; aber auch eine nicht plastische Kugel von einer gespannten Saite.

§. 304. Wenn ein elastischer Körper auf einen harten ruhenden unbeweglichen, oder auch umgekehrt, ein harter auf einen ruhenden unbeweglichen elastischen Körper in schiefer Richtung aufstößt, so wird er wieder in der entgegengesetzten schiefen Richtung zurückgeworfen, und der Reflexionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.

Es sey AB (Fig. 42.) eine harte unbewegliche Fläche, gegen welche ein elastischer Körper in der schiefen Direction CD in D anstößt. Die Bewegung des anstößenden Körpers kann angesehen werden, als ob sie aus der Zusammensetzung der Kräfte CA und CE entspränge. Da nun jede Wirkung nur nach der Perpendicularität erfolgt (§. 95.) so wird, wenn C in D angelangt ist, nur die Kraft CA = ED wirksam seyn können, und nach der entgegengesetzten Richtung dieser Kraft wird der elastische Körper durch den vollkommenen Widerstand der Fläche in D einen Eindruck erleiden. Dieser Eindruck stellt sich mit eben der Gewalt wieder her, womit er veranlaßt wurde, so bald der Stoß geschehen ist; folglich würde der Körper von D nach E wieder zurückgeschneßt werden; aber die Kraft CE = DB ist noch geschwächt, ist noch nicht verwendet, weil sie keinen Widerstand fand, da sie parallel mit der Fläche ging. Der Körper wird also, wenn die Wirkung des Stoßes in D vollendet ist, wieder durch zwei Kräfte getrieben, nämlich durch DE und DB, und durchläuft also die Diagonale DF des Parallelogramms DEFB.

Der Winkel CDE heißt der Einfallswinkel (Angulus incidentiae), der Winkel EDF der Zurückprallungs, oder Reflexionswinkel (Angulus reflexionis). Beide Winkel sind sich gleich, weil in beiden Dreiecken CED und EDF die Seiten CE und ED den Seiten FE und ED gleich sind, und der rechte Winkel CED = FED; folglich sind die Dreiecke gleich, und also der Winkel CDE = EDF.

Beispiele liefert das Abspringen der auf das Wasser sehr schief gemorstenen Steine.

§. 303. Von den bisher vorgetragenen Gesetzen des Stoßes zwischen elastischen Körpern und zwischen hartem und elastischen Körpern lassen sich Anwendungen auf das Billard machen. Die eisenbeinernen Kugeln sind gegen das Polster der Wanden der Tafel als vollkommen hart, und dieses allein ist als elastisch anzusehen; daher wird auch beim Anstoße der Kugel an die Wande der Erfolg so seyn, wie er nach §. 303. und 304. seyn muß, und die Kugel, die z. B. in der schiefen Direction von P nach D (Fig. 42.) anstößt, wird von D nach C zurücklaufen, so daß der Winkel FDB dem Winkel CDA gleich ist. Bei dem Stoße der Bälle unter sich gelten die Gesetze des Stoßes elastischer Körper (§. 299.). Wenn beide Bälle gleiches Gewicht haben, und der stoßende den ruhenden gerade trifft (der volle Stoß), so geht der letztere in der Direction des stoßenden fort, und zwar mit der Geschwindigkeit des stoßenden, der stoßende bleibt aber an der Stelle des gestoßenen ruhig liegen, (nach §. 299. Nr. 2.); er bewegt sich hingegen selbst mit minderer Geschwindigkeit noch fort, wenn sein Gewicht größer ist, als das des gestoßenen Balles, nach (§. 299. Nr. 3.). Die ungleichartige Elasticität des Eisenbeins und die Reibung auf der Tafel machen, daß der Erfolg nicht ganz der Theorie gemäß geschieht. Auch findet niemals zwischen Bällen von ungleicher Größe ein centraler Stoß Statt, und eben daher wird das Sprengen der Bälle möglich, wenn die Schnelligkeit der stoßenden Kugel groß ist. Wenn die stoßende Kugel P (Fig. 9. b.) in der schiefen Richtung

tung Pc an die ruhende p anstößt, so ziehe man durch den Berührungspunct c die Tangente eg , und durch eben den Berührungspunct und den Mittelpunkt von p die Linie fd . Die Kraft Pc läßt sich zerlegen in Pg und Pf , welche mit fd und ge parallel sind. Wenn nun P in c anstößt, so wird p , (nach §. 95.), in der Richtung ed fortgehen, oder nach ed getrennt werden. Es ist aber, um sich nicht zu verlaufen, nöthig, zu wissen, welche Richtung der Ball P nach vollendetem Stöße haben werde. Er hat nämlich noch die Kraft Pf übrig, mit der er nach dem Stöße von c nach e fortgeht.

§. 306. Wenn ein harter Körper auf einen weichen unbeweglichen stößt, so drängt der stoßende nach seiner vorigen Richtung in den weichen ein, seine Kraft wird aber immer mehr und mehr durch den Widerstand der zu verschiebenden Theile des weichen Körpers vermindert, und der eindringende verliert so nach und nach seine Kraft. Uebrigens sind die Erfolge des Stoßes weicher Körper unter einander, wie die des harten.

Fünftes Hauptstück.

Phänomene schwerer liquider Körper.

§. 307.

Die flüssigen Körper sind zwar den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen, allein der eigenthümliche Zustand ihrer Aggregation (§. 273.) macht besondere Bestimmungen nöthig. Wir handeln hier die Erscheinungen ab, welche tropfbare Flüssigkeiten oder liquide Körper vermöge ihrer Schwere hervorbringen, ohne uns auf die besondere Natur derselben einzulassen.

§. 308. Bey den festen Körpern läßt sich wegen der Stärke ihrer Cohäsion ein gemeinschaftlicher Schwerpunkt (§. 273.) annehmen und beweisen; bey einem flüssigen Körper kann man dies wegen des so äußerst geringen Zusammenhanges seiner Theile nicht thun, und man muß ihn vielmehr als eine Menge von kleinen Theilchen ansehen, die wegen ihres geringen Zusammenhanges unabhängig von einander ihre Schwere äußern, oder wo jedes noch so kleine Theilchen seinen eignen Schwerpunkt hat.

§. 309. Alle tropfbar-flüssige Körper senken sich daher jederzeit an den niedern Ort, und nehmen, wenn sie ruhig stehen, jedesmal eine solche Lage an, daß ihre Oberfläche horizontal ist.

§. 310.

§. 310. Ein jeder Theil einer tropfbaren gleichartigen Flüssigkeit wird durch sein eigenes Gewicht und durch den Druck aller übrigen Theile an seinem Orte erhalten, wenn die höchste Fläche eben und waagerecht ist, und es ist als jedes schwere Element desselben in Ruhe und im Gleichgewichte.

§. 311. Jeder Theil in einer gleichartigen tropfbaren Flüssigkeit wird von dem darüber und darunter stehenden Theile eben so stark gedrückt, als er selbst diesen darüber oder darunter stehenden Theil drückt.

§. 312. Aus diesen beiden Sätzen (§. 310. u. 311.) folgt denn auch, daß irgend ein willkürlich angenommener Theil in einer waagerecht stehenden gleichartigen Flüssigkeit, wie z. B. der in der Grenze afgd und bec (Fig. 50.) enthaltene Theil derselben, von der darüber und darunter stehenden Flüssigkeit eben so stark gedrückt werde, als er selbst diese darüber und darunter stehende Flüssigkeit drückt. Man stelle sich nun an die Stelle dieser willkürlich angenommenen Grenze eine feste unbiegsame Röhre vor, die die Flüssigkeit zwischen afgd und bec einschließt, und diese Röhre drücke nicht stärker und nicht schwächer auf die darin enthaltene Flüssigkeit, als vorher die umgebende Flüssigkeit that, in deren Stelle sie gesetzt wurde. Die äußere Flüssigkeit kann nun wegfallen, ohne daß der Stand der Flüssigkeit in der Röhre dadurch geändert wird. Dies gilt natürlicher Weise von allen communicirenden Röhren, sie mögen gleich oder ungleich weit, gerade oder krumm, und mannigfaltig gegen einander geneigt seyn.

§. 313. Es folgt hieraus der allgemeine Satz: Gleichartige Flüssigkeiten stehen in zusammenhängenden Röhren von jeder Gestalt, Lage und Weite der Schenkel, in diesen Schenkeln gleich hoch, und sie sind nur dann in diesen Schenkeln im Gleichgewichte und in Ruhe, wenn die Oberflächen der Flüssigkeit in den Schenkeln in einerley waagerechter Ebene stehen.

Diesen Satz, der sich aus dem im §. 312. angeführten Erfahrungssatze so leicht herleiten läßt, kann man auch durch das Cartesische Maas der Kräfte nach Mariotte auf die im folgenden §. angeführte Weise darthun.

Erinnerung wegen des Falles, wenn der eine Schenkel der communicirenden Röhre ein Haarröhrchen ist.

§. 314. Wenn in gleich weiten verbundenen Röhren die Flüssigkeit auf der einen Seite steigen wollte, so müßte sie auf der andern Seite in eben der Zeit eben so tief fallen, und die flüssige Materie würde also in beiden Röhren eine gleiche Größe der Bewegung haben, weil Geschwindigkeit und Masse einerley wären. Gleiche entgegengesetzte Größen der Bewegung heben sich aber auf, und man sieht also leicht, daß die Flüssigkeit den waagerechten Stand annehmen müsse, wenn die Röhren gleich weit sind. Aber eben so leicht läßt es sich auch an zusammenhängenden Röhren von ungleicher Weite beweisen, daß Flüssigkeiten von einerley Art darin nicht eher in Ruhe kommen, bis sie gleich hoch darin stehen. Denn gesetzt, die eine Röhre hätte zehnmal so viel Grundfläche als die andere, so wird in jener die zehnfache Masse in eben der Zeit in den einfachen Raum fallen müssen,

müssen, in welcher in dieser die einfache Masse den zehnfachen Raum in die Höhe steigt; denn wenn es z. B. in der weitem um einen Zoll fallen sollte, so müßte es in der engern um zehn Zoll steigen, und zwar in einerley Zeit; es sind also hier, und in jedem andern Falle, Massen und Geschwindigkeiten einander umgekehrt proportional, folglich haben sie gleiche Größe der Bewegung, und die gleichen entgegengesetzten Kräfte heben sich auf. Die Flüssigkeiten einerley Art müssen also auch in ungleichen Röhren gleich hoch stehen und sich einander das Gleichgewicht halten.

§. 315. Da also wenig Wasser in einem engern Schenkel der Röhre das Gleichgewicht hält mit vielem Wasser in dem andern weitem Schenkel, so ist leicht einzusehen, daß es auch das Gleichgewicht halten wird mit einem jeden andern Körper, der eben so viel Gewicht hat, als das in dem weitem Schenkel enthaltene Wasser.

Wenn in die communicirende Röhre ABCD (Fig. 52.) Wasser gefüllt wird, so wird dieses Wasser nur dann darin ruhig stehen, wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch ist, obgleich diese Schenkel ungleich weit sind (§. 313.). Geht, daß es in dem engern Schenkel AB bis ab stehe, so wird es auch in dem weitem Schenkel CD bis cd in einerley Horizontalebene mit ab stehen müssen: sonst ist kein Gleichgewicht und keine Ruhe da. Die Wassersäule ab hält also der, ungleich mehr wiegenden, Wassersäule cd das Gleichgewicht, wenn ihre Oberflächen nur in einerley Horizontalebene liegen. Wenn nun in dem cylindrischen Schenkel CD, statt des Wassers von der Höhe os und der Grundfläche ef, ein fester Körper läge, der an den Wänden des Schenkels eben so leicht auf- und abglitsche, als Wasser, und doch genau an die Wände anschlosse; so ist leicht einzusehen, daß, wenn dieser feste Körper eben so viel wäge, als das Wasser in dem Raume odosf, er das unterhalb ef liegende Wasser nicht stärker und nicht schneller drücken würde, als vorher das Wasser in odosf that. Da nun das Wasser in dem engern Schenkel AB vorher das Gleichgewicht hielt mit dem Wasser in dem weitem

Schenkel CD, und also auch mit dem in cdef enthaltenen, so wird es auch das Gleichgewicht halten mit dem an die Stelle des Wassers in cdef gesetzten, und gleich wiegenden, festen Körper.

Man sieht leicht, daß dies von jeder Weite des Schenkels CD gelte, und daß also sehr wenig Wasser in AB mit sehr vielem in CD, und folglich mit jedem an die Stelle des Wassers angenommenen und mit demselben gleich wiegenden Körper, das Gleichgewicht halten könne.

§. 316. Wenn der eine Schenkel der Röhre tiefer abgeschnitten ist, als der andere, so wird das Wasser aus dem kürzern beständig ausfließen, wenn der andere damit höher gefüllt ist, so lange bis die Wasserflächen in beiden gleich hoch stehen. Versteht man aber den kürzern Schenkel mit einer engen Oeffnung, so springt das Wasser mit Gewalt daraus in die Höhe, wenn die Wasserfläche in dem längern Schenkel höher steht. Wenn das hervorspringende Wasser sich nicht in Tropfen zertheilt, so müßte der hervorspringende Wasserstrahl eben so hoch steigen, als die Wasserfläche in der weitem Röhre liegt.

Versuche mit andern hiernach angelegten kleinen Springbrunnen; und Anwendung auf größere Fontainen.

§. 317. Wenn communicirende Röhren von gleicher oder ungleicher Weite mit einer Flüssigkeit gefüllt sind, und es wird der eine Schenkel abgeschnitten, und die Mündung mit einem Deckel verschlossen, so erleidet dieser Deckel von unten her von dem darunter stehenden Wasser einen Druck, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche diesen Deckel zur Grundfläche und die Höhe des Wassers in dem längern Schenkel über dem im kürzern Schenkel zur Höhe hätte. Weniges Wasser kann solcher Gestalt auch einen sehr großen Druck nach oben zu ausüben.

Es sey bey einer communicirenden Röhre von ungleich weiten Schenkeln (Fig. 52.) der weitere Schenkel ED in CD ab geschmitten und mit einem genau schließenden festen Des sel aus der Mündung CD versehen. Der engerer Schenkel AB sey bis ab mit Wasser gefüllt. Dieses Wasser würde, nach dem vorhergehenden Sätzen, das Gleichgewicht halten mit dem Wasser, das in dem weitem Schenkel ED bis d reicht, wenn er bis dahin verlängert und in CD mit keinem Dedel geschlossen wäre. Dann würde die Wassersäule in CD einen Druck erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich wäre, die CD zur Grundfläche und Cc oder Dd zur Höhe hätte. So stark aber, als die Wassersäule cdCD über der Fläche CD abwärts drückt, so stark muß das Wasser unterhalb der Fläche CD aufwärts drücken; denn sonst wäre kein Gleichgewicht des Wassers in diesem weiten Schenkel mit dem im engern Schenkel, bey gleicher Horizontalfläche-abod. Wird nun in CD ein fester Dedel angenommen, und reicht das Wasser im engern Schenkel bis ab, so wird der Dedel auch von unten her einen Druck erleiden, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die CD zur Grundfläche und Cc zur Höhe hat.

Dieser Schluß gilt, so weit auch CD in Vergleichung mit dem engern Schenkel AB angenommen wird, und man sieht also, daß sehr wenig Wasser in AB einen sehr gro- ßen Druck in CD nach oben zu ausüben kann.

Es leidet auch nach eben diesen Schlüssen der obere Theil der Wand ef der communicirenden Röhre (Fig. 52.), die bis ab mit Wasser gefüllt ist, einen Druck nach oben, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche ef zur Grundfläche und eb oder fc zur Höhe hat.

Dies ist auch der Fall von jedem andern unregelmäßig geformten Gefäße. Es sey (Fig. 53.) ABCdek ein solches Gefäß im senkrechten Durchschnitte, und es sey bis A mit Wasser gefüllt und ganz verschlossen. Der Theil cd des Gefäßes wird einen Druck nach oben erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und ab zur Höhe hat; denn wenn cd offen wäre, und eine Röhre fbed darüber stünde, so würde in derselben das Wasser bis bf stehen, wenn es in A so hoch stünde, und die Fläche cd würde dadurch so stark gedrückt werden, als diese Wassersäule drücken würde, folglich auch eben so stark entgegen drücken. kg muß einen Druck nach oben zu erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die kg zur Grundfläche und kl oder gf zur Höhe hat. Endlich die geringste Wand Ak leidet einen Druck nach oben, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die hk zur Grundfläche und j kl zur Höhe hat.

Darauf gründet sich auch

- 1) 's Gravesande's *foliis hydrostaticis* (Elem. phyl. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. p. 729. Muschenbroek introd. ad philol. nat. T. II. p. 1283.)

a) Wolffs anatomischer Leber (Nützliche Versuche Th. I. Kap. 3. §. 58.)

§. 318. Es leidet wohl keinen Zweifel, daß der Druck einer tropfbaren Flüssigkeit gegen den Boden zunehmen müsse, wenn die Höhe derselben in einem Gefäße zunimmt; und eben so ist auch klar, daß, wenn die Grundfläche des Gefäßes vergrößert wird, bey derselbigen Höhe um so mehr Wasser in das Gefäß geht, als die Vergrößerung der Grundfläche beträgt, folglich der Druck gegen den Boden ebenfalls auch zunimmt, wie die Grundfläche. Aus beidem folgt also: daß der senkrechte Druck der tropfbaren flüssigen Körper in einem zusammengefügten Verhältnisse ihrer senkrechten Höhen und Grundflächen sey.

§. 319. Auch in einem unregelmäßig gebildeten Gefäße drückt eine tropfbare Flüssigkeit gegen den Boden so stark, als das Gewicht einer senkrechten Wassersäule drücken würde, die den Boden zur Grundfläche und die perpendiculäre Höhe der Flüssigkeit im Gefäße zur Höhe hätte.

Wenn das Gefäß ABCdegk (Fig. 53.) mit Wasser bis A gefüllt ist, so leidet der Boden BC einen Druck, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die BC zur Grundfläche und AB oder BC zur Höhe hat. Der Theil desselben Cm, zum Beispiele, leidet einen Druck, als wenn eine Wassersäule lhmC über ihm stünde. Denn od wird nach oben zu so stark gedrückt, als das Gewicht der Wassersäule lboa beträgt, wie aus dem vorigen §. 317. bekannt ist. Da aber der Theil der Wand cd fest genug angenommen wird, um diesem aufwärts gerichteten Drucke völlig zu widerstehen, so muß er auf das unter ihm befindliche Wasser eben so stark zurückwirken, und zu dem Drucke der Wassersäule edmC gegen mC zu muß also noch ein Druck kommen, der dem Widerstande von der Wand cd, oder dem Drucke einer Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und ab zur Höhe hat; folglich muß mC überhaupt einen

Phänomene schwerer liquider Körper. 213

einen Druck erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule $fbcd + cdmC$ gleich ist. So läßt es sich nun weiter für jeden andern Theil des Bodens BC beweisen.

Man darf aber hieraus nicht erwarten, daß das mit Wasser ganz gefüllte Gefäß $ABCdcgk$ auf die Waagschale gesetzt, sie so stark drücken werde, als ob eine Wassersäule darin wäre, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hätte. Denn wenn gleich das Wasser gegen den Boden des Gefäßes eben so stark senkrecht drückt, so drückt es doch auch zugleich nach oben zu, gegen cd , kg , und kA senkrecht; daher geht von der gesammten bewegenden Kraft des Gefäßes nach unten zu so viel ab, als die entgegengesetzte nach oben zu beträgt.

§. 320. Der Druck des Wassers auf den Boden eines Gefäßes richtet sich also nicht nach der Wassermenge im Gefäße, sondern bloß nach der senkrechten Höhe des Wassers über dem Boden und der Grundfläche desselben; und jeder Theil des Bodens leidet den Druck einer Wassersäule, deren Grundfläche dieser Theil und deren Höhe die senkrechte Tiefe dieses Theils unter der Oberfläche des Wassers ist.

§. 321. Wenn man in ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt und oben offen ist, zur Seite mehrere kleine Oeffnungen über einander macht, so springt das Wasser mit mehr oder weniger Gewalt zur Seite heraus, und zwar um desto stärker, je näher die Oeffnung nach dem Boden zu liegt, oder je höher die darüber stehende Wassersäule ist.

§. 322. Wir müssen aus diesem Versuche schließen, daß der Druck des Wassers sich nicht allein unterwärts nach dem Boden des Gefäßes zu äußere, sondern auch zur Seite auf die Wände des Gefäßes; und daß dieser Druck abnehme, wie die Höhe des Wassers abnimmt. Jeder Punct der Seitenfläche
eines

eines mit Wasser gefüllten Gefäßes leidet einen Druck, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, deren Grundfläche diesem Puncte und deren Höhe der Entfernung dieses Punctes der Seitenwand in lothrechter Linie von der Oberfläche des Wassers gleich ist; oder jeder Theil der Seitenwand leidet einen Druck, wie eine ihm gleiche Fläche, wenn diese in derselben Tiefe horizontal gehalten würde; nur muß dieser Theil klein genug genommen werden.

Es sey ein cubisches Gefäß $ABCD$ (Fig. 54.) mit Wasser bis AC gefüllt, so kann man sich dieses Wasser in lauter gleich hohe, mit dem horizontalen Boden AD parallel laufende Schichten getheilt vorstellen. Die höher liegenden Schichten pressen auf die untern mit einer Kraft, die der Summe ihrer Gewichte gleich ist. So hat die Schicht $abcd$ das Gewicht der Schicht $ACab$ zu tragen; die Schicht $edef$ hat das Gewicht der Schicht $abcd$, aber auch zugleich dadurch das Gewicht der Schicht $ACab$ zu tragen; u. s. f. Es ist nun klar, daß z. B. die Wasserschicht $edef$ von den darüber liegenden Schichten eben so gepreßt wird, als ob ein fester schwerer Körper von dem Gewichte der Wassersäule $ACed$ darüber läge und allenthalben gleichförmig auf die Fläche ed drückte. Da das Wasser so große Verschiebbarkeit seiner Theile hat, und der Boden des Gefäßes widerstehend angenommen wird, so muß sich seine Pressung, die es von oben her erleidet, nach den Seitenwänden fortpflanzen. Da nun der Druck von oben her zunimmt, je niedriger die Schichten gegen den Boden zu liegen, so muß auch dieser Seitendruck des Wassers zunehmen. Wenn in km eine communicirende Röhre knapp angelegt wäre, und das Stück km der Seitenwand wäre weggenommen, so würde die Röhre bis an die horizontale Fläche AC auch mit Wasser angefüllt seyn müssen, damit dasselbe dem in AC über lm das Gleichgewicht hielte. Würde nun das Stück km der Seitenwand wieder eingesetzt, so würde es von dem umgebenden Wasser unfehlbar einen Druck erleiden, der dem Drucke einer Wassersäule gleich wäre, die km zur Grundfläche und die Höhe von der Mitte zwischen k und m bis C hätte. Denn da k höher liegt, als m , so muß km entweder nur endlich klein, oder es muß die Mitte zwischen k und m als der unterste Punct der Höhe genommen werden.

§. 323. Dieser Druck des Wassers auf die Seitenflächen eines Gefäßes nimmt von oben in arithmetischer

tischer Progression zu. Ist ein cubisches Gefäß mit Wasser ganz erfüllt, so beträgt der Druck des Wassers gegen eine ganze Seitenfläche des Gefäßes halb so viel, als gegen den Boden; und gegen alle vier Flächen noch einmal so viel als gegen den Boden.

Es sey das cubische Gefäß ACBD (Fig. 94.) mit Wasser angefüllt, so ist der Druck gegen den Boden gleich dem Drucke einer Wassersäule, die BD zur Grundfläche und BA zur Höhe hat (§. 320.); der Druck gegen die Seitenwand AB aber ist gleich dem Drucke einer Wassersäule, die AB zur Grundfläche und $\frac{1}{2}$ AB zur Höhe hat (§. 322. Anm.): folglich ist dieser Druck gegen AB halb so groß, als gegen BD.

§. 324. Auf diesen Seitendruck der tropfbaren Flüssigkeiten und die Zunahme desselben, so wie die Tiefe gegen den Boden zu zunimmt, gründeten sich eben; die im §. 321. angeführte Erfahrung und andere Phänomene.

1) Segners hydraulische Maschine, die durch den Seitendruck des Wassers in Bewegung gesetzt wird.

2) In eine oben offene Glasröhre, an deren untere Oeffnung eine mit einer Flüssigkeit gefüllte Blase gebunden ist, steigt diese Flüssigkeit in die Höhe, wenn die Blase und Röhre in Wasser getaucht werden, und steigt desto höher, je tiefer sie getaucht werden.

3) Eine leere verstopfte, dünne, gläserne Flasche, mit platten Seitenflächen, zerbricht durch den Seitendruck des Wassers, wenn man sie tief in dasselbe taucht.

§. 325. Aus allen bisher vorgetragenen Sätzen folgt nun, daß eine tropfbare Flüssigkeit unterhalb ihrer

ihrer Oberfläche nach allen möglichen Richtungen drückt, nach oben (§. 317.), nach unten (§. 318.) und zur Seite (§. 322.).

§. 326. Wenn eine Flüssigkeit schwererer Art auf eine andere Flüssigkeit leichterer Art, (mit der sie sich nicht chemisch verbindet, oder von der sie nicht aufgelöst wird,) gegossen wird, so ist, der Erfahrung zu Folge, kein Zweifel, daß sie die untere nicht aus ihrer Stelle verdrängen wird, oder daß diese, oder alles in Ruhe gekommen ist, nicht in den obern Theil des Gefäßes von der schwerern hinaufgeschickt würde. Allein wenn man eine schwerere flüssige Materie auf eine andere leichtere so gießen könnte, daß beider Oberflächen vollkommen waagerecht blieben, so ist kein Grund vorhanden, warum die schwerere nach unten zu gehen sollte. Denn sie würde in allen Punkten gleich stark drücken, und die untere leichtere Flüssigkeit könnte also in keinem Punkte nach oben zu ausweichen, und auch nicht nach den übrigen Seiten zu wegen des Gefäßes.

§. 327. Wenn man aber den schwerern flüssigen Körper zu dem leichtern schüttet, so kann dies nie in der Art geschehen, daß die Oberflächen horizontal bleiben, und wegen des stärkern Drucks der schwerern Säulen der schwerern Flüssigkeit muß der leichtere zur Seite empor gehoben werden und sich über den schwerern ergießen, und es kommt nicht eher Ruhe und Gleichgewicht der Theile, bis der leichtere nach oben zu steht und jede Flüssigkeit eine horizontale Fläche erhalten hat.

Phänomene schwerer liquider Körper. 419

§. 328. So steigen also leichtere Flüssigkeiten durch schwerere, (von denen sie nicht, oder nicht gleich aufgelöst werden,) in die Höhe, und stellen sich endlich nach ihrem verschiedenen eigenthümlichen Gewichte so über einander, daß jede eine horizontale Oberfläche hat.

Beispiele: an der so genannten Richtenarwelt aus Quecksilber, der Auflösung des Gemäthsalkali im Wasser, Weingeist und Steinöl; an dem Passerin, oder der scheinbaren Verwandlung des Wassers in Wein.

§. 329. Wenn zusammenhängende Röhren mit Flüssigkeiten von verschiedener Art und verschiedenem eigenthümlichen Gewichte angefüllt werden, so wird die schwerere Säule, die bei gleichem Raumesinhalte mehr Gewicht hat, stärker drücken, als die andere. Wenn sie aber im Gleichgewichte gegen einander seyn sollen, so müssen ihre Gewichte gleich groß seyn. Es wird also die flüssige Materie leichter Art so vielmal höher stehen, als die von schwererer Art, so vielmal die letztere die erstere an specifischem Gewichte übertrifft; oder: Der senkrechte Druck der Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte gegen einander ist im Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte, und sie stehen in zusammenhängenden Röhren im Gleichgewichte, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten.

Befähigung durch Versuche in zusammenhängenden Röhren mit Quecksilber und Wasser.

§. 330. Eben dies erfolgt, wenn auch die Röhren nicht gleich weit sind. — Man kann also leicht
die

die Höhen zweier flüssigen Körper von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte, die sie in zusammenhängenden Röhren haben, bestimmen, wenn man nur das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte weiß; und so kann man auch aus der Höhe einer Flüssigkeit gegen das Wasser den Unterschied des eigenthümlichen Gewichts oder der Dichtigkeit zwischen beiden finden. Wegen des verschiedenen Cohärenzens der Flüssigkeiten mit den Gefäßen ist indessen diese Bestimmungsart nicht genau und scharf genug.

§. 331. Ein fester Körper schwerer Art sinkt in einem flüssigen leichterem Art unter. Denn wir können uns vorstellen, daß die Flüssigkeit aus lauter neben einander befindlichen Wassersäulen bestehe, die dann im Gleichgewichte gegen einander stnd, wenn ihre Oberflächen in einerken Horizontalebene liegen. Wird nun ein schwerer fester Körper darauf gelegt, so nimmt natürlicher Weise der Druck der unter ihm befindlichen Wassersäule durch sein eigenes Gewicht zu, und die Wassersäulen zur Seite müssen in die Höhe steigen, um das Gleichgewicht hervorzubringen, und sie müssen höher steigen, als die Horizontalebene in der Oberfläche des festen schweren Körpers beträgt, (nach §. 329.). Da aber der Druck des Wassers auch seitwärts Statt findet, so fließen diese höher gestiegenen Wassersäulen zur Seite über den tiefer liegenden festen Körper her: dadurch wird das Gleichgewicht natürlicher Weise immer wieder aufgehoben, und der feste schwerere Körper sinkt bis auf den Boden des Gefäßes hinab, und dann setzt sich erst das Wasser ins Gleich.

Phänomene schwerer liquider Körper. 223

Gewichte ungleich viel von seinem absoluten Gewichte; in den dichtern oder schwerern mehr, als in den dünneren oder leichtern. Die Gewichtsverluste verhalten sich wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten.

Versuche mit Salzsaure, Wasser, Wein, Weingeist, u. dergl., worin einerley fester Körper ungleich viel verliert.

Anwendung hiervon auf Flüssigkeiten einerley Art, die eine verschiedene Wärme haben.

§. 337. Ueberhaupt verhalten sich die Gewichtsverluste fester Körper in Flüssigkeiten, worein sie sich eintauchen, wie die Producte aus ihrem Volum mit dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit.

§. 338. Ein fester Körper, welcher mit einer Flüssigkeit gleiches eigenthümliches Gewicht hat, muß in derselben notwendig sein ganzes Gewicht verlieren, und sein respectives Gewicht (§. 332.) wird also = 0 seyn. Er wird also, in die Flüssigkeit versenkt, weder sinken noch steigen, sondern ruhig schweben.

Versuch mit einem Eyc, das in reinem Wasser sinkt, in Salzsaure schwimmt, in der Vermischung von beeden nach einem richtigen Verhältniße aber schwebt.

§. 339. Die flüssige Materie, worein ein fester Körper gehängt wird, nimmt in ihrem Drucke nach unten um so viel zu, als der feste Körper davon verliert, oder als die flüssige Materie wiegt, die in den Raum geht, welchen der Körper einnimmt.

Versuch: Ein metallener Würfel von der Größe eines Cubits sozet wird an einem Faden hängend in Wasser gehalten, das in einem Trinkfasse auf einer Waagschale steht und an der Waage ins Gleichgewicht gesetzt war. Das Gleichgewicht wird gekört, und das Wasser drückt nun die Waagschale genau um so viel stärker, als es drücken würde, wenn

respectiven Gewichte (§. 332.) zu Boden, und verliert, wenn er darein versenkt wird, so viel von seinem absoluten Gewichte, als der flüssige Körper wiegt, der seinen Raum erfüllen würde, und den er aus der Stelle treibt.

Bestätigung durch Versuche: Ein metallener Würfel, der an einem Pferdehaare an einer Waage hängt, wird im Wasser gewogen, und er braucht so viel weniger Gegengewicht, als vorher in der Luft, um im Gleichgewichte erhalten zu werden, als das Wasser wiegt, welches mit dem Würfel von gleichem Umfange ist, oder welches in einen Eimer geht, worin der Würfel genau paßt.

§. 334. Schwere feste Körper von gleichem Volum verlieren in einerley leichtern flüssigen Körper gleiche Summen von ihrem absoluten Gewichte, ihr eigenthümliches Gewicht mag verschieden oder einerley seyn. Ihr respectives Gewicht, welches übrig bleibt, ist aber frenlich nach Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte verschieden.

Bestätigung durch Versuche mit einem zinnernen und einem bleernen Würfel, deren jeder einen rheinl. Decimal-Cubitzell groß ist und die gleich viel in einerley Flüssigkeit verlieren, aber ungleiches respectives Gewicht übrig behalten, mit dem sie zu sinken streben.

§. 335. Von schweren festen Körpern von ungleichem Raumesinhalte und einerley absolutem Gewichte verliert der größere Körper mehr, als der kleinere; oder, welches einerley ist, der, welcher das größere eigenthümliche Gewicht hat, verliert weniger, als der, welcher das geringere besitzt.

Bestätigung durch Versuche mit einer eisenbeinernen Kugel und einer Bleifugel, die beyde gleich viel wiegen, aber um gleich viel beym Wasserwägen verlieren. Die größere eiserne Kugel verliert mehr, als die kleinere Bleifugel.

§. 336. Einerley fester Körper verliert in leichtern Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte

Phänomene schwerer liquider Körper. 223

Gewichte ungleich viel von seinem absoluten Gewichte; in den dichtern oder schwerern mehr, als in den dünnern oder leichtern. Die Gewichtsverluste verhalten sich wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten.

Versuche mit Salzsaure, Wasser, Wein, Weinweiß, u. dergl., worin einerley fester Körper ungleich viel verliert.

Anwendung hiervon auf Flüssigkeiten einerley Art, die eine verschiedene Wärme haben.

§. 337. Ueberhaupt verhalten sich die Gewichtsverluste fester Körper in Flüssigkeiten, worein sie sich eintauchen, wie die Producte aus ihrem Volum mit dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit.

§. 338. Ein fester Körper, welcher mit einer Flüssigkeit gleiches eigenthümliches Gewicht hat, muß in derselben nothwendig sein ganzes Gewicht verlieren, und sein respectives Gewicht (§. 332.) wird also = 0 seyn. Er wird also, in die Flüssigkeit versenkt, weder sinken noch steigen, sondern ruhig schweben.

Versuche mit einem Eie, das in reinem Wasser sinkt, in Salzsäure schwimmt, in der Vermischung von beyden nach einem richtigen Verhältnisse aber schwebt.

§. 339. Die flüssige Materie, worein ein fester Körper gehängt wird, nimmt in ihrem Drucke nach unten um so viel zu, als der feste Körper davon verliert, oder als die flüssige Materie wiegt, die in dem Raum geht, welchen der Körper einnimmt.

Versuch: Ein metallener Würfel von der Größe eines Cubits so fest wird an einem Faden hängend in Wasser gehalten, das in einem Trinfalase auf einer Waagschale steht und an der Waage ins Gleichgewicht gesetzt war. Das Gleichgewicht wird gestört, und das Wasser drückt nun die Waagschale genau um so viel stärker, als es drücken würde, wenn

wenn noch ein Cubitzoll Wasser hinzukäme. Der Faden hat nur noch das respective Gewicht des Würfels zu tragen.

§. 340. Das Gewicht, welches der schwere feste Körper im Wasser verliert (§. 332.), geht also nicht verloren, sondern wird vom Wasser gewonnen. Es ist nämlich jetzt eben so gut, als ob noch so viel Wasser hinzukäme, als in das Volum des festen Körpers geht; und die Höhe der Flüssigkeit nimmt um so viel in dem Gefäße zu, als sie zunehmen würde, wenn eben so viel Wasser dem Raume nach hinzukäme. Mit der Zunahme der Höhe bey gleicher Grundfläche der Flüssigkeit wächst aber auch der Druck gegen den Boden.

§. 341. Ein fester Körper leichterer Art wiegt weniger, als die flüssige Materie schwererer Art, die mit ihm gleichen Raum erfüllt (§. 211.). Es ist daher schlechterdings unmöglich, daß er darin unter-sinken sollte; weil der Klumpen der flüssigen Materie, den er aus der Stelle treiben müßte, stärker drückt, als er selbst, und er muß also darauf schwimmen. Wird aber der leichtere feste Körper auf die Oberfläche der flüssigen Materie gelegt, so muß er sich darein so tief eintauchen, bis die Menge der von ihm verdrängten Flüssigkeit ihm am Gewichte gleich ist. Denn wenn man ihn auf die Flüssigkeit setzt, so drückt er doch vermöge seines eigenen Gewichts auf die unter ihm stehende Säule der Flüssigkeit, und das Gewicht dieser Säule wird dadurch vermehrt; sie senkt sich also so tief ein, bis sie die Höhe hat, daß sie mit dem darauf liegenden festen Körper das Gleichgewicht mit
den

das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers bekannt ist, so läßt sich die Größe des eingetauchten Theils des letztern finden. Diese ist nämlich gleich dem absoluten Gewichte des schwimmenden Körpers, durch das absolute Gewicht des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit dividirt.

$$\text{Oder es ist } I = \frac{P}{R}.$$

Es sey das Gewicht eines Schiffes mit der Ladung, oder die Last mehrerer verbundener Pontons, 1000 Centner (paris.), so ist das Volum Wasser, das dadurch beim Schwimmen aus der Stelle gedrängt wird, oder, welches einerley ist, das Volum, um welches sich der schwimmende Körper eintaucht, so groß als das Volum, welches 1000 Centner Wasser einnehmen. Wenn nun 1 Cubikfuß (paris.) Wasser 70 Pfund (paris.) wiegt, so ist die Größe des eingetauchten Theils $= \frac{100000}{70} = 1571,428$ Cubikfuß.

§. 348. Wenn ein fester Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen soll, so ist gerade nicht nöthig, daß alle seine Theile ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als die Flüssigkeit; sondern es ist nur nöthig, daß die Materie in dem ganzen Volum des Körpers nicht so viel wiegt, als ein gleich großes Volum der Flüssigkeit. Es können daher sehr wohl schwerere feste Körper in leichtern Flüssigkeiten zum Schwimmen gebracht werden, wenn sie mit andern ungleichartigen verbunden werden, die specifisch leichter sind, als die Flüssigkeit, in dem Maaße, daß das Volum dieser Verbindung nicht so viel wiegt, als ein eben so großes Volum, das mit der Flüssigkeit erfüllt ist.

Hierauf beruht das Schwimmen beladener Schiffe, der Mensch auf Blasen, auf Schwimmgürteln, Vinsen, u. dergl.; der Mechanismus des Aufsteigens und Niedersinkens der Fische im Wasser; die Art, Schiffe in leichte Häfen zu bausen;

Versuche mit hohlen Glaskugeln, die mit Blei beschwert sind und in Salzsoole schwimmen, aber in Wasser sinken, oder in Wasser schwimmen, und in Salzsoole sinken.

Anwendung davon auf das Schwimmen eines Schiffes in süßem Wasser und im Seewasser.

§. 345. Man kann aus diesem Grunde die eigenthümlichen Gewichte verschiedener flüssiger Körper, (strenglich nicht mit der größten Genauigkeit,) gegen einander vergleichen, wenn man einerley leichtern festen Körper von einer bequemen Gestalt darin schwimmen läßt, und den Unterschied der Tiefe bemerkt, um welche er sich eintaucht. Wie sich verhalten die Umsänge des eingetauchten Theils, so verhalten sich die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten umgekehrt.

§. 346. Wenn das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts, z. B. eines Cubikzolls, Cubikfußes, u. dergl., der Flüssigkeit, und der cubische Inhalt des eingetauchten Theils des schwimmenden Körpers bekannt ist; so läßt sich das absolute Gewicht des ganzen schwimmenden Körpers daraus bestimmen. Es ist nämlich das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers (P) gleich der Größe des eingetauchten Theiles (I) mit dem absoluten Gewichte (R) des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit multiplicirt.

Es ist also $P = IR$.

Es sey z. B. die Größe des eingetauchten Theiles des in Wasser schwimmenden Körpers 10 Cubikzoll (paris.), und das Gewicht eines Cubikzolls Wasser 368,12 Gr. (paris.), so ist das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers 3681,2 Gr. Der ganze Satz ist eine natürliche Folge von §. 341.

§. 347. Wenn ferner das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit und

Phänomene schwerer liquider Körper. 227

das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers bekannt ist, so läßt sich die Größe des eingetauchten Theils des letztern finden. Diese ist nämlich gleich dem absoluten Gewichte des schwimmenden Körpers, durch das absolute Gewicht des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit dividirt.

$$\text{Der es ist } I = \frac{P}{R}.$$

Es sey das Gewicht eines Schiffes mit der Ladung, oder die Last mehrerer verbundener Pontons, 1000 Centner (paris.), so ist das Volum Wasser, das dadurch beim Schwimmen aus der Stelle gedrängt wird, oder, welches einerley ist, das Volum, um welches sich der schwimmende Körper eintaucht, so groß als das Volum, welches 1000 Centner Wasser einnehmen. Wenn nun 1 Cubikfuß (paris.) Wasser 70 Pfund (paris.) wiegt, so ist die Größe des eingetauchten Theils $= \frac{10000}{70} = 1571,428$ Cubikfuß.

§. 348. Wenn ein fester Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen soll, so ist gerade nicht nöthig, daß alle seine Theile ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als die Flüssigkeit; sondern es ist nur nöthig, daß die Materie in dem ganzen Volum des Körpers nicht so viel wiegt, als ein gleich großes Volum der Flüssigkeit. Es können daher sehr wohl schwerere feste Körper in leichtern Flüssigkeiten zum Schwimmen gebracht werden, wenn sie mit andern ungleichartigen verbunden werden, die specifisch leichter sind, als die Flüssigkeit, in dem Maaße, daß das Volum dieser Verbindung nicht so viel wiegt, als ein eben so großes Volum, das mit der Flüssigkeit erfüllt ist.

Hierauf beruhet das Schwimmen beladener Schiffe, der Mensch auf Blasen, auf Schwimmgürteln, Vinsen, u. dergl.; der Mechanismus des Aufsteigens und Niedersinkens der Fische im Wasser; die Art, Schiffe in seichte Häfen zu bringen;

piren; das Emporkommen der Leichname Ertrunkener; das Schwimmen metallener und gläserner Kugeln, der Bousteillen, der Fontons, u. dergl.

Die Cartesianischen Teufelchen,

Von diesem d. eher erwähnten Schwimmen der festen Körper auf specifisch schwerern Flüssigkeiten, dem *Innatans flaido*, oder dem französischen *Flotter*, ist das *Natans* und *Nager*, oder das Schwimmen, wie der Menschen und Thiere auf Wasser, durch Hülfe eigener Bewegungen, zu unterscheiden. Diese letztere Art des Schwimmens beruht auf dem Widerstande, welchen die Theile der Flüssigkeit bey ihrem Verrücken aus der Stelle entgegen setzen; und so schwimmen die Vögel in der specifisch leichtern Luft, dadurch, daß sie mit ihren Flügeln die Lufttheilchen schneller schlagen, als diese auszuweichen im Stande sind. Eben darauf beruht der Mechanismus des Schwimmens der Menschen und vierfüßigen Thiere im Wasser. Daß die letztern leichter schwimmen, als Menschen, hat vorzüglich in der Stellung ihres Kopfs und dem Ligamento nuchae seinen Grund, wodurch sie nicht genöthigt werden, einen Theil ihrer Muskelkraft dahin zu verwenden, wozu ihn der Mensch verwenden muß, nämlich den Kopf aus dem Wasser bey der horizontalen Lage des Körpers hervorstreckend zu machen. — Uebrigens läßt sich leicht beweisen, daß der stärkste Mann in seinen Armen nicht die Muskelkraft besitze, die nöthig wäre, um Flügel von der hinreichenden Geschwindigkeit zu schwingen, um damit in der Luft fliegen zu können.

Der Körper der Menschen ist gewöhnlich specifisch schwerer, als Wasser. Nach Muschenbroek (introd. ad philos. nat. T. II. §. 1399.) ist sein eigenthümliches Gewicht gegen das des Wassers wie 1,111 zu 1,000; oder ein gleiches Volumen Wasser wiegt $\frac{1}{10}$ weniger, als der Körper des Menschen. Beym Mechanismus des Schwimmens nun hat der Mensch nicht sein ganzes absolutes Gewicht im Wasser auszuhalten, sondern nur sein respectives Gewicht, oder diesen Ueberschuß seines absoluten Gewichts über das absolute Gewicht eines so großen Wasservolums, als er aus der Stelle drängt, abzurufen zu dem Gewichte des Theils von ihm, der noch hervorragt.

Da sich bey dem Hineintreten ins Wasser die Lage des Schwerpunkts des Körpers nach oben in den Theil des Körpers erhebt, der noch hervorragt, so wird dadurch die Gefahr des Umschlagens im Wasser gar sehr vermehrt, wenn man nur bis an den Leib oder bis an die Brust im Wasser geht. Auf diesen Umstand müßte bey dem Baden in der That sehr Rücksicht genommen werden; und Personen, die nicht schwimmen können, müßten sich nur an festen Stellen sitzend oder liegend baden. Man lese hierüber einen Aufsatz des Hrn. Hofr. Woll im neuen hannoverschen Magazin 1792. St. 32.

Beispiele von Menschen, die meist eben so schwer, als Wasser, und meist noch leichter, als dasselbe waren, siehe man bey Robertson (in den *Philosoph. Transact.* Vol. L. S. 30.).

Das

Phänomene schwerer liquider Körper. 229

Das Ventrikel von Pietro Mocca, der zwar 200 neapolitanische Pfund wog, aber doch noch 30 Pf. leichter war, als ein eben so großes Volum Wasser, erzählt Kartsch (Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Theil III. Hydrostatik §. 31.)

§. 349. Die Kräfte, mit welchen gleich große feste Körper von schwererer Art in einer specifisch leichtern Flüssigkeit zu Boden sinken, verhalten sich wie ihre respectiven Gewichte (§. 334.); und die Kräfte, mit welchen verschiedene specifisch leichtere feste Körper von gleichem Umfange in einer specifisch schwerern Flüssigkeit emporsteigen, verhalten sich wie die Differenzen des Gewichtes der festen Körper und der flüssigen Materie, die aus der Stelle getrieben wird. Das Aufsteigen und das Niedersinken geschieht mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit.

§. 350. Die schönste Anwendung finden die bisher vorgetragenen Sätze von dem Drucke der tropfbar-flüssigen Körper auf feste in sie eingetauchte (§. 332. ff.) an dem darauf sich gründenden Verfahren, das eigenthümliche Gewicht fester und flüssiger Körper unter einander zu vergleichen. Das vorzüglichste Werkzeug hierzu ist die hydrostatische Waage, die sich eigentlich von einer gewöhnlichen Waage nur durch ihre größere Empfindlichkeit auszeichnet, sonst aber zu der Absicht, feste oder flüssige Körper damit in flüssiger Materie abzuwägen, eine eigenthümliche bequemere Einrichtung haben muß.

§. 351. Zur Vergleichung des eigenthümlichen Gewichtes mehrerer Körper unter einander muß man das eigenthümliche Gewicht irgend eines Körpers zur
Ein-

Einheit annehmen. Man wählt dazu am bequemsten reines destillirtes Regen- oder Schneewasser, dessen Temperatur man aber nothwendig, so wie der andern zu untersuchenden Körper, bestimmen muß, weil sich die Dichtigkeit der Körper, wie im Folgenden weiter dargethan werden wird, nach der verschiedenen Temperatur sehr verändert.

Nothige Erinnerungen wegen des Aufbaues der festen Körper an die hydrostatische Waage. Man wählt dazu Pflaster behaar, dessen eigenthümliches Gewicht von dem des Wassers nicht sehr verschieden ist.

§. 352. Um das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts verschiedener flüssiger Körper gegen reines Wasser zu finden, bringt man einen festen Körper, (einen solchen, der von den Flüssigkeiten nicht angegriffen oder aufgelöst wird, am besten eine massive Glasugel,) erst an der hydrostatischen Waage hängend ins genaueste Gleichgewicht, versenkt ihn dann in das Wasser, merkt genau den Verlust, welchen er an seinem absoluten Gewichte erleidet, trocknet ihn dann wieder gehörig ab, und bestimmt mit gleicher Sorgfalt den Verlust, welchen er in den andern zu untersuchenden Flüssigkeiten erleidet. Das Gewicht, das ein und eben derselbe feste Körper in einer jeden andern flüssigen Materie verliert, durch das dividirt, das er im Wasser verliert, giebt das eigenthümliche Gewicht der flüssigen Materie gegen das zur Einheit angenommene eigenthümliche Gewicht des reinen Wassers.

Man findet nämlich durch dieses Verfahren das absolute Gewicht der verschiedenen Flüssigkeiten und des reinen Wassers, bey gleichem Volum, nämlich den dem Volum des eingetauchten festen Körpers; oder der Verlust desselben an seinem absoluten Gewichte in den Flüssigkeiten ist das Gewicht dieser Flüssigkeiten bey seinem Volum (§. 333.). Die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten verhalten sich folglich wie diese

Phänomene schwerer liquider Körper. 231

Diese absoluten Gewichte, oder wie der Verlust des festen Körpers in denselben.

§. 353. So kann man auch dadurch finden, wie groß das absolute Gewicht eines gewissen gegebenen Volums einer Flüssigkeit sey, wenn man einen schweren festen Körper von diesem gegebenen Volum in der Flüssigkeit abwägt und den Verlust desselben darin merkt. Denn der feste Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewichte, als die Flüssigkeit wiegt, die mit ihm einenley Raum erfüllt (§. 333.).

Nach wiederholten Versuchen, die ich mit dem sel. Hrn. Hofr. Karsten angestellt habe, wiegt ein rheinländischer Decimalcubitzoll reines destillirtes Wasser bey 65 Graden Fahrenh. 502 $\frac{1}{2}$ Gran köln. oder 492 $\frac{1}{2}$ Gran im Medicinalgewichte: ein rheinl. Cubitzuß Wasser von der genannten Temperatur wiegt also im köln. Gewichte 502687 $\frac{1}{2}$ Gran, oder 65 Pfund, 14 L., 2 Q. 7 $\frac{1}{2}$ Gr.; im deutschen Medicinalgewichte aber, (das Pfund zu 16 Unzen,) 64 Pfund, 1 Unze, 3 Drachmen, 2 Scrupel, 9 $\frac{1}{2}$ Gran. (Karstens Anleitung zur gemeinnützl. Kenntniß der Natur S. 42.)

Die Angaben verschiedener Naturforscher über das Gewicht eines gegebenen Volums des reinen Wassers von einer bestimmten Temperatur sind abweichend. Ein Haupterforderniß hierbei ist, daß der Cubus, dessen man sich dazu bedient, auf das genaueste gearbeitet sey; denn gesetzt, daß man sich dazu eines Würfels von 1 oder 2 Decimalcubitzollen bedient, so wird ein geringer Fehler bey der Bestimmung des Gewichts des Cubusfasses Wasser durch denselben, 1000 oder 500 mal wiederholt schon groß ausfallen müssen. Lulofs (Grundbeginzelen der Wynroey en Peilkunde. Laiden 1764. 2.), der nach van Swindens Zeugnisse hierauf sehr große Sorgfalt verwandte, und sich auch eines größern, mit vorzüglicher Genauigkeit gearbeiteten, Würfels bediente, fand das Gewicht eines rheinl. Cubusfasses Regenwasser von 64° Fahrenh., 62 Pfund, 9 Unzen, 5 Drachm., 36 Gr. im Troggewichte. Dies auf kölnisches Gewicht reducirt, weicht von der Karstenschen Angabe nur um wenig ab. — Ein zweyter Umstand ist hierbei die Genauigkeit und Richtigkeit der Gewichte, deren man sich bedient.

Herr Schmidt (phys. • mathematische Abhandl. B. I. S. 98.) hat die Bestimmungen mehrerer Beobachter auf gleiche Maße und Gewichte reducirt, und darnach wiegt ein pariser

	Duodecimals cubit,oll	Cubiffuß
Brunnenwasser		
nach Wolf	371,85 Gr. —	69,724 Pf. (parif)
Regenwasser		
nach Barßen	368,11 s —	69,015 s
nach Muschenbroef	375,79 s —	70,146 s
nach 's Gravesande	377,33 s —	70,748 s
nach Wenschemdt	369,6 s —	69,300 s
nach Kirwan	374,5 s —	70,321 s
nach Briffon, Lavoifier	373,33 s —	70,000 s
nach Schmidt	370,27 s —	69,426 s

§. 354. Um das eigenthümliche Gewicht schwerer fester Körper gegen das Wasser zu vergleichen, so bringe man den Körper zuerst in der Luft ins Gleichgewicht, und bestimme dann genau den Verlust, den er ins Wasser versenkt leidet. Sein absolutes Gewicht, durch das dividirt, das er im Wasser verliert, giebt das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 355. Körper, welche sich im Wasser auflösen lassen, wiegt man entweder im stärksten Weingeiste oder in Terpentinöhl ab, auf eben die Art, wie im Wasser. Weiß man nun das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts dieser Flüssigkeiten gegen das eigenthümliche Gewicht des Wassers, (das man nach §. 352. suchen kann,) so kann man auch leicht das eigenthümliche Gewicht des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers durch Rechnung finden.

§. 356. Um kleine Stücke oder ein grobes Pulver von einem Körper, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als das des Wassers, in Rücksicht des Verhältnisses dieser eigenthümlichen Gewichte zu unter-

untersuchen, so kann man so verfahren: Man bringe eine kleine gläserne Flasche, die recht trocken ist, an der hydrostatischen Waage ins Gleichgewicht, thue den festen Stoff hinein, merke sein absolutes Gewicht, fülle das Gefäß mit destillirtem Wasser voll, bemerke das Gewicht von beiden zusammen, ziehe von der Summe das Gewicht der festen Masse ab; der Rest giebt das Gewicht des Wassers an. Man leere die gläserne Flasche aus, reinige sie, fülle sie wieder mit destillirtem Wasser eben so hoch an als vorher, und bestimme das Gewicht des Wassers. Dieses Gewicht des Wassers von dem Gewichte des Wassers bei der ersten Operation abgezogen, giebt im Reste das Gewicht des Wassers an, das vorher mit dem festen Körper einen Raum einnahm. Das absolute Gewicht des festen Körpers, durch das dividirt, das ein eben so großer Wasserklumpen wiegt, giebt das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers. — Oder man bestimme erst den Verlust eines gläsernen Eimers im Wasser, wiege darauf den festen Körper darin ab, merke sein absolutes Gewicht, versenke den Eimer ins Wasser, merke seinen Verlust, und ziehe hiervon den Verlust des Gewichts des Eimers ab, so giebt der Rest den Verlust des festen Körpers allein an; und also, nach dem Vorhergehenden, leicht das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das Wasser.

Auf diese Weise läßt sich auch das eigenthümliche Gewicht des Quecksilbers finden.

§. 357. Aus dem, was ein fester Körper von seinem absoluten Gewichte in einer flüssigen Materie verliert, kann man auch sehr leicht die Größe des festen Körpers im Cubikmaasse finden, wenn man das absolute Gewicht der Flüssigkeit, das in einem gegebenen Cubikmaasse enthalten ist, weiß. Wenn ich z. B. weiß, was ein Cubikzoll reines Wasser wiegt, so ist der feste Körper so viel Cubikzoll groß, als das Gewicht eines Cubikzolles Wasser in dem Verluste seines absoluten Gewichts in diesem Wasser enthalten ist.

§. 358. Um feste Körper, welche specifisch leichter sind, als Wasser, ihrem eigenthümlichen Gewichte nach gegen das Wasser zu vergleichen, so kann man einen specifisch schwerern damit verbinden, den Verlust beyder im Wasser bemerken, und den Verlust des schwerern allein hernach von dem Verluste des Ganzen zusammen abziehen, so wird der Rest angeben, wie viel das Wasser wiegt, das mit dem leichtern einen leeren Raum erfüllt. Das absolute Gewicht des leichtern, durch das Gewicht dieses gleich großen Volums vom Wasser dividirt, giebt alsdann das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des leichtern festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 359. Wenn der Körper aus mehreren mit einander verbundenen Materien von ungleichem eigenthümlichen Gewichte besteht, so erfährt man durch das Wassermägen nur das mittlere specifische Gewicht, oder dasjenige, welches aus der gleichförmigen
Ver-

Vertheilung der aggregirten Stoffe in dem Inbegriffe des Körpers entspringen würde. So kann auch ein Körper seinem ganzen Volum nach ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als Wasser, und in seinen eigentlichen Theilen doch ein größeres, wie es z. B. bey Holz, Holzkohlen, wegen der Luft, die sie eingeschlossen enthalten, der Fall ist.

§. 360. Eine andere Methode, die specifischen Gewichte tropfbar-flüssiger Dinge zu bestimmen, giebt der Gebrauch der hydrostatischen Senkwaagen oder Areometer (Areometra, Hygrometra), die man auch für besondere Fälle Salzwaagen, Bierwaagen, Branntweinwagen, u. s. w. nennt. Man hat davon zweyerley Gattungen: mit beständigem und mit veränderlichem Gewichte. Jene nennt man auch Areometer mit Scaln.

§. 361. Areometer mit unveränderlichem Gewichte (§. 360.) bestehen aus einer Röhre CD (Fig. 127. Taf. XIII.), die unten mit einem hohlen Gefäße AIB zusammenhängt, worin so viel Gewicht oder besser Quecksilber sich befindet, daß das Werkzeug sich in der einen oder der andern Art von liquiden Flüssigkeiten bis auf eine gewisse Tiefe senke. Das ganze Gewicht dieser Senkwaage darf nicht so groß seyn, als das Gewicht eines eben so großen Rauminhaltes der leichtesten unter den tropfbar-flüssigen Materien, deren eigenthümliches Gewicht dadurch noch erforscht werden soll, damit sie darin nicht ganz unterfinke. Der Hals der Senkwaage wird in Grade

CH,

sigkeiten gleich angeben, wie viel sie von der einen oder der andern Flüssigkeit enthalte; oder, wie z. B. die Soolwaagen oder Salzspindeln, bei Auflösungen, wie groß der Gehalt des aufgelösten Körpers in der Auflösung sey. Auf diese Weise wird aber der Gebrauch des Areometers sehr eingeschränkt.

Besser ist es daher, bei gemischten Flüssigkeiten die für die verschiedenen Mischungsverhältnisse gehörigen specifischen Gewichte durch genaue Versuche zu bestimmen und in Tabellen zu bringen, um so im erforderlichen Falle aus dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit das correspondirende Mischungsverhältniß zu erfahren. Wir haben dergleichen schon für Salzaufösungen und Mischungen von Alcohol und Wasser, und so bedarf es dann keiner besondern Soolwaagen und Branntweinwaagen. Ich werde solche Tabellen in der Folge mittheilen.

Schmidt, in Greas neuem Journ. d. Phys. B. IV. S. 117. ff.

§. 365. Weil überhaupt aber die Verfertigung der Areometer mit Scalen, wenn sie die eigenthümlichen Gewichte von Flüssigkeiten genau anzeigen, und überhaupt die nach §. 362. erforderlichen Eigenschaften haben sollen, mit sehr großen Schwierigkeiten verknüpft ist; so kann man nicht anstehen, der zweiten Art der Sentwaagen (§. 360.), den Areometern mit veränderlichem Gewichte, die man auch Fahrenheitische Areometer nennt, den Vorzug einzuräumen. Das Einfache in ihrer Construction macht sie eben so empfehlenswerth, als die Allgemeinheit ihres Gebrauchs. Sie lassen sich auch so einrichten, daß sie ohne Rechnung gleich die eigenthümlichen Gewichte der dadurch zu prüfenden Flüssigkeiten im Verhältnisse zum Wasser angeben. Von dieser Art ist das von Hrn. Schmidt beschriebene und von Hrn. Ciarcy verfertigte Areometer, das mit Recht den Namen

Namen eines allgemeinen Areometers verdient. A (Fig. 128. Taf. XIII.) ist ein hohles birnförmiges Gefäß von Glas in seiner natürlichen Größe, welches oben vermittelst eines massiven Glasstängelchens, die Schale B trägt, unten aber durch einen etwas stärkeren massiven Glasstiel D mit einem kleinern umgekehrten birnförmigen Gefäße C verbunden ist. Dieses untere Gefäß wird durch eine bey C angebrachte anfänglich offene Spitze mit Quecksilber gefüllt, daß das ganze Werkzeug 700 bekannte Gewichtstheile, (halbe Grane des kölnischen Markgewichts,) wiegt, und es sind noch genau 300 Gewichtstheile oben in die Schüssel zu legen, wenn sich das Werkzeug in Regen- oder destillirtes Wasser (bey 15° R.) bis an die mit einem Zeichen versehene Stelle E des Halses einsenken soll. Es wiegt folglich das Volumen des Wassers, das es dann aus der Stelle drängt, 1000 Gewichtstheile. Wenn man nun bey der Prüfung jeder andern Flüssigkeit durch die Veränderung des Auflegegewichts in der Schale es dahin bringt, daß es sich darein bey eben der Temperatur eben so tief bis E einsenke, so giebt das aus der Schale herausgenommene oder hinzugelegte Gewicht den Unterschied zwischen dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit und des Wassers von gleicher Temperatur an. Ferner drückt die Summe der Auflegegewichte und des Gewichts des Areometers jedesmal das specifische Gewicht der Flüssigkeit aus, wenn das specifische Gewicht des Wassers = 1000 gesetzt ist. Wenn z. B. nur 132 Gewichtstheile in die Schale zu legen nöthig wären,

wären, damit die Sentwaage sich bis E in die zu prüfende Flüssigkeit eintauche, so wäre das eigenthümliche Gewicht derselben zu dem des Wassers wie $700 + 132 : 1000$, das ist, wie $0,732 : 1,000$. Weil die größte Menge der Auflegegewichte nicht gut über 500 Gewichtstheile gehen darf, damit der Schwerpunkt des so belasteten Werkzeuges nicht zu hoch zu stehen komme; so wird noch ein zweites nach ganz ähnlichen Grundsätzen verfertigt, das 1200 Gewichtstheile, und mit den größten Auflegegewichten über 2000 Gewichtstheile wiegt, um auch für die schwersten Flüssigkeiten zu dienen.

Beschreibung eines sehr bequemen eingerichteten allgemeinen Aräometers, von Herrn G. G. Schmidt; in *Grenz Journal der Physik*, B. VII. S. 186. ff.

Wäre, in den schwed. Abhandl. B. XXXII. S. 279. ff.

§. 366: Die Areometer mit veränderlichem Gewichte lassen sich auch zur Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts fester Körper einrichten. Hierher gehört das Nicholson'sche Areometer, das dazu sehr bequem eingerichtet ist, und auch den Vortheil hat, daß dadurch jedesmal mehrere Stücke eines festen Körpers gewogen werden können, die einzeln zu klein seyn würden, um mit Genauigkeit ihr specifisches Gewicht zu bestimmen. Fig. 129. (Taf. XIII.) zeigt das Instrument, das aus weißem Bleche verfertigt werden kann. Es ist so eingerichtet, daß es im Wasser vertical schwimme, und dabey noch ein Theil des Körpers OT hervorrage. Unten ist ein kegelförmiger Eimer E befestigt, in welchem, um den Schwerpunkt herabzubringen, ein passendes conisches Stück Blei

Men liegt. Es sind also Auflegegewichte auf die Schaale F nöthig, damit es sich bis an das Zeichen b des dünnen Drahtes, der die Schaale F trägt, einsenke. Diese Gewichte merkt man ein für allemal. Wenn man nun einen festen Körper, (dessen Gewicht aber jene nicht übertreffen darf,) untersuchen will, so legt man ihn auf die Mitte der leeren Schaale F des im Wasser schwimmenden Instruments, und noch so viel Gewichte zu, daß die Centwaage sich bis b eintauche. Die zuzulegenden Gewichte abgezogen von den vorigen, ein für allemal bestimmten, Auflegegewichten giebt im Reste, was der feste Körper in der Luft wiegt. Man legt hierauf den Körper in den Eimer E, und läßt das Werkzeug wiederum im Wasser schwimmen. Weil nun der Körper im Wasser von seinem Gewichte verliert, so wird man zu den Gewichten in der Schaale noch hinzulegen müssen, damit das Areometer sich wiederum bis b eintauche. Diese zuzusetzenden Gewichte werden anzeigen, wie viel der feste Körper im Wasser verliert; und das absolute Gewicht desselben in der Luft, dividirt durch diesen Verlust im Wasser, wird folglich angeben, wie groß sein eigenthümliches Gewicht gegen das zur Einheit angenommene des Wassers sey.

Beschreibung eines sehr bequemen Instruments zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Mineralien, vom Hrn. Hally, in *Grens Journ. d. Phys.* B. V. S. 502. ff.

§. 367. Das Abwägen der Flüssigkeiten in einem Gefäße, das genau bis zu einerley Höhe damit gefüllt wird, giebt noch eine Methode zur Bestimmung des
eigenen

eigenthümlichen Gewichts derselben, weil sich dieses verhält, wie die absoluten Gewichte bey gleichem Volumen. Indessen gewährt diese Methode doch keine große Genauigkeit und ist leicht Irrthümern unterworfen.

§. 368. Folgende Tabelle giebt das eigenthümliche Gewicht mehrerer Materien gegen das zur Einheit angenommene des reinen Wassers an:

1) Metalle.

Platin, geschmiedet	-	-	21,061 (Sickingen)
— geschmolzen	-	-	19,500 (Briffon)
— geschmiedet	-	-	20,336
— zu Draht gezogen	-	-	21,041
— in Blechen	-	-	22,069
Gold,	-	-	19,640 (Muschbroeck)
— gegossen	-	-	19,258 (Briffon)
— gehämmert	-	-	19,361
Silber,	-	-	10,542 (Muschbroeck)
— gegossen	-	-	10,474 (Briffon)
— gehämmert	-	-	10,510
Kupfer, gegossen	-	-	7,788
— zu Draht gezogen	-	-	8,878
— japanisches, gegossen	-	-	8,726 (Muschbroeck)
— — geschmiedet	-	-	9,000
Eisen, Roheisen	-	-	7,207 (Briffon)
— Stangeneisen	-	-	7,788
— — schwed.	-	-	7,765 (Muschbroeck)
— Stahl	-	-	7,833 (Briffon)
— — geschmiedet, nicht gehärtet	-	-	7,840
— — — und gehärtet	-	-	7,810
Zinn, von Cornwall, gegossen	-	-	7,291
— — — gehämmert	-	-	7,299
— von Malacca, gegossen	-	-	7,296
— — — —	-	-	7,331 (Muschbroeck)
— — — —	-	-	7,306 (Briffon)
— von Banca	-	-	7,216 (Muschbroeck)
Bley, gegossen	-	-	11,352 (Briffon)

Bley,

Phänomene schwerer liquider Körper. 243

Bley, gegossen	-	-	11,445 (Muschbroek)
Zink, gegossen	-	-	7,190 (Briffon)
— Goslar'scher	-	-	7,215 (Muschbroek)
Wismuth, gegossen	-	-	9,822 (Briffon)
— —	-	-	9,670 (Bergmann)
Kobalt, gegossen	-	-	7,811 (Briffon)
— —	-	-	7,700 (Bergmann)
Epfiglanz, gegossen	-	-	6,702 (Briffon)
— —	-	-	6,860 (Bergmann)
— —	-	-	6,852 (Muschbroek)
Arsenit	-	-	8,308 (Bergmann)
Nickel, gegossen	-	-	9,000
Magnesium	-	-	6,850
Quecksilber	-	-	13,550 (Muschbroek)
— —	-	-	14,110
— —	-	-	13,568 (Briffon)

— nach der Mittelzahl aller
Versuche von Muschbroek 13,674

2) Erden und Steine.

Stein	-	-	2,315 (Kirwan)
— —	-	-	2,252 (Muschbroek)
Dichter Kalkstein	-	-	1,316
— —	bis	-	2,7... (Kirwan)
Körniger Kalkstein	-	-	2,710
— —	bis	-	2,837
Cararischer Marmor	-	-	2,716 (Briffon)
Parischer —	-	-	2,837
Isländischer Kalkspath	-	-	2,715
Ditterspach	-	-	2,480 (Kirwan)
Mergelerde	-	-	1,600
— —	bis	-	2,400
Berhärteter Mergel	-	-	2,300
— —	bis	-	2,700
Würmischer Mergelschiefer	-	-	2,361
— —	bis	-	2,442
Schieferspath	-	-	2,647
Braunspath	-	-	2,837 (Briffon)
Dolomit	-	-	2,850
— —	bis	-	2,862 (Kirwan)
Gyps, dichter	-	-	1,872
— —	bis	-	2,288
— faseriger	-	-	2,300

Gyps, blättriger	-	-	2,274	
		bis	2,310	(Kirwan)
Frauenfels	-	-	2,311	
Flußspath	-	-	3,155	
		bis	3,191	(Briffon)
Apatit	-	-	2,824	
		bis	3,218	(Kirwan)
Lungstein	-	-	6,066	(Briffon)
Wittherz	-	-	4,338	(Kirwan)
Schwerspath, dichter	-	-	4,300	
		bis	4,400	
— blättriger	-	-	4,300	
		bis	4,800	
— faseriger	-	-	4,440	
— bologneser	-	-	4,440	
Leberstein	-	-	2,666	
Weerschäum	-	-	0,336	(Groß)
Venetianischer Talk	-	-	2,780	(Muschelbroek)
Speckstein	-	-	2,727	(Briffon)
Topfstein, von Como	-	-	2,872	(Kirwan)
— schweizerischer	-	-	3,023	(Gaussüre)
— von Dauphiné	-	-	2,768	(Briffon)
— schwedischer	-	-	2,853	
Serpentin, von Zöblitz	-	-	2,560	(Kirwan)
Asbest, von Zöblitz	-	-	2,547	
Amiant	-	-	2,444	(Muschelbroek)
Vergorft	-	-	0,680	
		bis	0,993	(Briffon)
Asbestartiger Strahlstein	-	-	2,584	(Kirwan)
Gemeiner	—	-	2,806	
		bis	3,356	
Glasartiger	—	-	2,950	
		bis	3,493	
Nephrit	-	-	2,966	(Briffon)
		bis	3,041	(Gaussüre)
Bitterstein	-	-	3,320	
		bis	3,380	(Höpfner)
Bakalith	-	-	2,200	(Lowig)
Doracis	-	-	2,566	(Westrumb)
Topferthon	-	-	1,800	
		bis	2,000	(Kirwan)

Schieferer

Phänomene schwerer liquider Körper. 245

Schieferton	- - -	2,600	
	bis	2,680	(Kirwan)
Bekschiefer	- - -	2,876	
	bis	3,131	(Briffon)
Strumark, verhärtetes	- - -	2,815	(Kirwan)
Vol, armenischer	- - -	2,727	(Muschbroef)
Zeichenschiefer	- - -	2,186	(Briffon)
Grünerde	- - -	2,637	(Kirwan)
<hr/>			
Lpidolith	- - -	2,816	
Apant	- - -	3,517	(Sausföre)
Glümmer, russischer	- - -	2,791	(Briffon)
— schwarzer	- - -	2,998	
Micazell	- - -	2,980	(Kirwan)
Hornblende	- - -	3,410	
— basaltische	- - -	3,333	
— labradorische	- - -	3,350	
	bis	3,434	
Hornblendeschiefer	- - -	2,909	
	bis	3,153	
Wacke	- - -	2,535	
	bis	2,893	
Trapp	- - -	2,780	
	bis	3,022	
Basalt	- - -	2,864	(Briffon)
	bis	3,000	(Bergmann)
Thonschiefer	- - -	2,670	
	bis	2,880	(Kirwan)
<hr/>			
Bergkryfall	- - -	2,653	(Briffon)
Quarz	- - -	2,647	
	bis	2,654	
Amethyst	- - -	2,651	(Kirwan)
Emeragd	- - -	2,775	(Briffon)
Beryll, sibirischer	- - -	2,722	
— brasilianischer	- - -	2,782	
Praser	- - -	2,580	
Orientalischer Rubin	- - -	4,283	
Orientalischer Topas	- - -	4,010	
Orientalischer Sapphir	- - -	3,994	
Spinell	- - -	3,760	
	- - -	3,570	(Klaproth)
Rubinspath von Ceylon	- - -	3,454	(Kirwan)
Brasilianischer Rubin	- - -	3,531	(Briffon)

Brasilien

Brasilianischer Topas	-	-	3,536 (Briffon)
Sächsischer Topas	-	-	3,664
Orientalischer Aquamarin	-	-	3,548
Brasilianischer Sapphir	-	-	3,130
Hyacinth	-	-	3,687
Deutscher Zirkon	-	-	4,416
Böhmischer Granat	-	-	4,188
Leucit	-	-	2,468
Chrysoberyll	-	-	3,698
	bis	-	3,719 (Kirwan)
Chrysolith	-	-	3,340
	bis	-	3,410 (Werner)
Olivin	-	-	2,960
	bis	-	3,225 (Kirwan)
Obsidian	-	-	2,348 (Briffon)
Schmelartiger Beryll	-	-	3,530 (Klaproth)
Schwarzer Stängenschmel	-	-	3,363 (Briffon)
Brasilianischer Turmalin	-	-	3,130
	bis	-	3,155
Thunerstein	-	-	3,295 (Kirwan)
Premit	-	-	2,942
Zeolith	-	-	2,083
	bis	-	2,093 (Briffon)
— von Adelfors	-	-	2,486
Kreuzstein	-	-	2,355
	bis	-	2,361 (Kirwan)
Lasurstein	-	-	2,896
Chrysopras	-	-	2,479
Edler Opal	-	-	2,144 (Blumenbach)
Halbopal	-	-	1,700
	bis	-	2,118 (Kirwan)
Gemeiner Opal	-	-	1,958
	bis	-	2,075 (Klaproth)
Wachstein	-	-	2,049
	bis	-	2,319 (Briffon)
Hyolith	-	-	2,110 (Kirwan)
Chalcedon	-	-	2,664 (Briffon)
Carneol	-	-	2,613
Rapenauge	-	-	2,560
	bis	-	2,660 (Kirwan)
Feuerstein	-	-	2,581
	bis	-	2,673 (Briffon)
Hornstein	-	-	2,532
	bis	-	2,653 (Kirwan)

Phänomene schwerer liquider Körper. 247

Rieselschiefer	-	-	-	2,595	
			bis	2,641	(Kirwan)
Porphyrschiefer	-	-	-	2,522	
			bis	2,700	-
Gemeiner Jaspis	-	-	-	2,580	
			bis	2,700	-
Ägyptischer Jaspis	-	-	-	2,564	(Briffon)
Sinopel	-	-	-	2,691	-
Porzellanjaspis	-	-	-	2,330	(Kirwan)
Ökotrop	-	-	-	2,620	-
			bis	2,700	-
Holzstein	-	-	-	2,045	-
			bis	2,675	-
Glaskcher Quarz	-	-	-	2,624	-
Feldspath	-	-	-	2,437	-
			bis	2,600	-
Wondstein	-	-	-	2,559	-
Dimstein	-	-	-	0,914	(Briffon)
Labradorstein	-	-	-	2,670	-
			bis	2,698	(Kirwan)
Dementspath	-	-	-	3,710	(Blaprotz)
Stromionit	-	-	-	3,400	-
			bis	3,644	(Kirwan)
Granit	-	-	-	2,538	-
			bis	2,956	(Briffon)
Porphyr	-	-	-	2,765	-
			bis	2,793	-
Sandstein	-	-	-	2,111	-
			bis	2,561	-

3) Erdoharze.

Bergnaphtha	-	-	-	0,708	(Muschbroek)
Petroleum	-	-	-	0,854	-
Asphalt	-	-	-	1,203	-
			bis	1,744	-
Steinkohle	-	-	-	1,270	-
			bis	1,500	-
Bernstein	-	-	-	1,065	-
			bis	1,110	(Muschbroek)
Braunkohle	-	-	-	1,019	-
			bis	1,292	(Gren)

4) Schwefel.

Natürlicher Schwefel	-	-	1,033 (Briffon)
Stangenschwefel	-	-	1,800 (Muschelbrock)
		bis	1,990 (Briffon)

5) Kohlige Substanzen des Mineralreichs.

Graphit	-	-	1,860 (Muschelbrock)
Kohlenblende	-	-	1,468 (Groß)
Diamant	-	-	3,521
		bis	3,654 (Muschelbrock)

6) Metalle und Erze.

Weißer Arsenik	-	-	3,694 (Muschelbrock)
Rother Arsenik	-	-	3,223
Opment	-	-	3,313
Gelber Arsenik	-	-	3,522
Salmy	-	-	2,560
		bis	4,409
Tutia	-	-	4,615
Schwefelies	-	-	4,789
		bis	4,912
Kupferies	-	-	3,800
		bis	4,158
Braunes Spießglanzerz	-	-	4,700
		bis	4,858
Glas vom Spießglanze	-	-	4,760
		bis	5,280
Rothgültigerz von Joh. Georgenstadt	-	-	5,354
Zinnober, natürlicher	-	-	6,188
		bis	7,710
— künstlicher	-	-	7,838
		bis	8,081
Bleiglatte	-	-	6,044
Bleiglanz	-	-	7,229
Wolgyddan	-	-	4,738 (Briffon)

7) Künstliche Verglasungen.

Bouteillenglas, grünes	-	-	2,642 (Briffon)
Weißes Kronglas	-	-	2,822
		bis	2,488

Phänomene schwerer liquider Körper. 249

Englisches Flintglas	-	-	3,329 (Briffon)	
Porzellan von Sevres	-	-	2,145	
— von Limoges	-	-	2,341	
— von China	-	-	2,384	

8) Salze.

Bitriolöl	-	-	1,877	
Nauchende Salpetersäure	bis	1,700 (Muschelbroek)		
— Kochsalzsäure	-	1,583		
Boraxsäure	-	1,194 (Briffon)		
Arseniksäure	-	1,479 (Muschelbroek)		
Koher Essig	-	3,391 (Bergmann)		
Destillirter Essig	-	1,013 (Briffon)		
Koher Weinstein	-	1,009		
Weinsteurahrn	-	1,849 (Muschelbroek)		
	-	1,900		
Lebender Salmiatgeist	-	0,890		
	-	0,897 (Briffon)		
Verflüssenes Weinsteinalz	-	1,550 (Muschelbroek)		
Bitriollirter Weinstein	-	2,298		
Glaubersalz	-	2,246		
Salpeter	-	1,900		
Rhomboidalsalpeter	-	1,869		
Reines Kochsalz	-	1,918		
Steinsalz	-	2,143		
Digestinsalz	-	1,836		
Reiner sublimirter Salmiat	-	1,420		
Borax	-	1,720		
Alaun	-	1,714		
Stegzucker	-	2,395		
Englischer Bitriol	-	1,880		
Zinkbitriol	-	1,900		
Weißer Zucker	-	1,606		

9) Spirituöse Flüssigkeiten.

Schwefelnaphtha	-	0,716 (Lowig)	
Alcohol, (der reinste)	-	0,791	
Burgunderwein	-	0,991 (Briffon)	
Raderawein	-	1,038	
Weißer Franzwein	-	1,020 (Muschelbroek)	
Frontignac	-	1,008	

Mallaga

Malagawein	-	-	-	1,015 (Muschbrock)
Rother Eupwein	-	-	-	1,018
Weißer	-	-	-	1,039
Pontac	-	-	-	0,993
Champagnerwein	-	-	-	0,962
Moseler	-	-	-	0,916
Rheinwein	-	-	-	0,999

10) Aetherische Oehle.

Lavendelöhl	-	-	-	0,893 (Briffon)
Reitenöhl	-	-	-	1,034 (Muschbrock)
Pommeranzöhl	-	-	-	0,888
Zimmetöhl	-	-	-	1,035
Cassaströhl	-	-	-	1,094
Rosmarinöhl	-	-	-	0,934
Fenchelöhl	-	-	-	0,997
Bacholberöhl	-	-	-	0,911
Krausemünzenöhl	-	-	-	0,975
Terpentinöhl	-	-	-	0,792

11) Fette Oehle und thierische Fette.

Kindertalg	-	-	-	0,955 (Muschbrock)
Lammeltalg	-	-	-	0,943
Schweineschmalz	-	-	-	0,954
Gelbes Wachs	-	-	-	0,960
Weißes Wachs	-	-	-	0,966
Baumöhl	-	-	-	0,913
Leinöhl	-	-	-	0,932
Kübsaamenöhl	-	-	-	0,853
Cacaobutter	-	-	-	0,891 (Brandis)
Süßes Mandelöhl	-	-	-	0,928 (Muschbrock)
Butter	-	-	-	0,942 (Briffon)
Wallrath	-	-	-	0,943

12) Gummi's, Harze, Gummiharze etc.

Arabisches Gummi	-	-	-	1,452 (Briffon)
Traganth	-	-	-	1,316
Weißes Pech	-	-	-	1,072
Sandarac	-	-	-	1,092
Massir	-	-	-	1,074
Storax	-	-	-	1,109

Copal

Phänomene schwerer liquider Körper. 251

Essel	-	-	-	1,045	-
			bis	1,139 (Briffon)	-
Elemi	-	-	-	1,018	-
Anime	-	-	-	1,028	-
Labdanum	-	-	-	1,186	-
Guayac	-	-	-	1,122	-
Jalappenharz	-	-	-	1,218	-
Drachenblut	-	-	-	1,204	-
Gummilack	-	-	-	1,139	-
Tacamahac	-	-	-	1,046	-
Benjoe	-	-	-	1,092	-
Caranna	-	-	-	1,124	-
Ammoniakgummi	-	-	-	1,207	-
Hydragummi	-	-	-	1,294	-
Galbanguummi	-	-	-	1,212	-
Carcocella	-	-	-	1,268	-
Opoponax	-	-	-	1,622	-
Gummigutte	-	-	-	1,221	-
Euphorbium	-	-	-	1,124	-
Olibanum	-	-	-	1,173	-
Myrrhe	-	-	-	1,360	-
Cammonium	-	-	-	1,335	-
Stinkender Asand	-	-	-	1,327	-
Odellium	-	-	-	1,371	-
<hr/>					
Federharz	-	-	-	0,933	-
<hr/>					
Kampfer	-	-	-	0,988	-
<hr/>					
Aloe	-	-	-	1,358	-
Opium	-	-	-	1,336	-
<hr/>					
Indigo	-	-	-	0,769	-

13) Einige thierische Substanzen.

Elfenbein	-	-	-	1,825 (Muschelbrock)	-
Walroszahn	-	-	-	1,933	-
Orientalischer Bezoar	-	-	-	1,530	-
			bis	1,640	-
Harnblasenstein	-	-	-	3,664	-
			bis	1,700	-
Krystallinischer Gallenstein	-	-	-	0,803 (Gren)	-
Rothc Corallen	-	-	-	2,689 (Muschelbrock)	-

Orien,

Orientalische Perlen	-	-	1,750 (Muschelbrock)
Krebsaugen	-	-	1,890
Hünereyer	-	-	1,090

14) Holzarten.

Indianisches Cedernholz	-	-	1,315 (Muschelbrock)
Eurbaumholz	-	-	1,318 u. 0,919
Brasilienholz	-	-	1,031
Ebenholz	-	-	1,209
Bernambuchholz	-	-	1,014
Franzosenholz	-	-	1,333
Wahagonyholz	-	-	1,063
Grießholz	-	-	1,200
Altes Eichenholz	-	-	1,666
Eichenholz vom Stamme	-	-	0,929
Eichenholz von grünem Aste	-	-	0,870
Rhodiserholz	-	-	1,125
Weißes Sandelholz	-	-	1,041
Roths	-	-	1,128
Campêcheholz	-	-	0,913
Büchenholz	-	-	0,852
Gelbes Sandelholz	-	-	0,809
Erlenholz	-	-	0,800
Ahornholz	-	-	0,755
Eichenholz	-	-	0,734
Apfelholz	-	-	0,793
Pflaumenholz	-	-	0,785
Haselnholz	-	-	0,600
Birnenholz	-	-	0,661
Linienholz	-	-	0,600
Lindenholz	-	-	0,604
Weidenholz	-	-	0,585
Wacholderholz	-	-	0,556
Cassafrasholz	-	-	0,482
Tannenholz	-	-	0,550
Pappelnholz	-	-	0,383
Korholz	-	-	0,240

15)

Phosphorus	-	-	1,714 (Muschelbrock)
------------	---	---	----------------------

16)

Holzohle	-	-	0,280
	bis	-	0,441 (Zielm)

17)

Wasser	0,916 (Muschenbroek)
Reines Wasser	1,000

Muschenbroek introd. ad philol. nat. T. II. §. 1417. Pésanteur spécifique des corps — par Mr. Briffon, à Paris 1787. 4.

Vom verschiedenen Zustatten glebt Hr. Lavoisier folgende Bestimmung:

Ein parisi. Duodecimal. Cubitzoll			
atmosphärische Luft wiegt	0,46005	Grän (franz.)	
Stickluft	0,44444		
Lebensluft	0,50694		
brennbare Luft	0,03539		
Luftsäure	0,68985		
Salpeterluft	0,54690		
flüchtig, alkalische Luft	0,27488		
Schwefelluft	1,03820		

§. 369. Man kann von dieser Tabelle allerley nützliche Anwendungen machen. Denn außerdem, daß sich durch Vergleichung des gefundenen eigenthümlichen Gewichts einer gegebenen Substanz mit dem in dem Verzeichnisse angegebenen auf die Reinheit oder Aechtheit derselben in vielen Fällen schließen läßt, kann man auch dadurch das Gewicht des Cubitzolles oder des Cubitzußes der darin angegebenen Materien finden, wenn man die Zahl, die ihr specifisches Gewicht angiebt, mit dem Gewichte des Cubitzolles oder Cubitzußes Wasser (§. 357.) multiplicirt. So z. B. wiegt ein Cubitzuß (parisi.) Wasser 69,015 Pf. (parisi.); folglich wiegt ein (parisi.) Cubitzuß Quecksilber $13,674 \times 69,015 \text{ Pf.} = 943,711 \text{ Pf. (parisi.)}$, oder 989,682 Pf. (köln.) Gew.

- 1) Hierber gehört auch das so genannte Archimedische Problem. Nach Vitruvs Erzählung (de architectura Lib. 9. Cap. 3.) hatte sich der König Hiero zu Syracus eine goldene Krone machen lassen, und kam auf den Verdacht, daß ihm der Goldarbeiter dabei einen Theil Gold entwendet und dagegen eben so viel Silber dem Golde zugesetzt habe.

habe. Archimedes sollte prüfen, ob der Verdacht gegründet sey, und er habe durch Wassermägen den Betrug bestimmt, und das Verhältniß des Goldes zum Silber in der Krone angegeben. Archimedes Bücher *περί των υδρουναντων* handeln nur von schwimmenden Körpern, und enthalten nichts von jenem Probleme. Man hält daher auch die Erzählung nach Vitruv für Fabel. Gesezt aber, daß die Metalle bey ihrem wechselseitigen Zusammenschmelzen ihre Volumina nicht änderten, so würde sich allerdings das Verhältniß ihrer absoluten Gewichte in dem Gemische aus dem eigenthümlichen Gewichte desselben erkennen lassen, wenn die eigenthümlichen Gewichte der einzelnen Metalle bekannt sind. Denn wenn die eigenthümlichen Gewichte der Metalle vor der Vermischung D, d , die Volumina V, v , die absoluten Gewichte P, p heißen, so ist das eigenthümliche Gewicht nach der Vermischung, oder Δ , = $\frac{PV + pV}{V + v}$, und $P : p = D (\Delta - d) : d (D - \Delta)$.

Wenn nun die Krone des Hiero 30 Pf. schwer gewesen ist und beim Abwägen im Wasser 1½ Pf. verloren hätte, so wäre ihr eigenthümliches Gewicht, oder Δ , = 16,00 gegen das Wasser gewesen. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Goldes, oder D , hätte = 19,64 seyn müssen. Sezen wir nun, daß der Zusatz Silber gewesen wäre, so wäre d = 10,55. Es war also nach obiger Formel das Gewicht des Goldes, oder P , zu dem Gewichte des Silbers, oder p , in der Krone = 19,64 (16,00 - 10,55) : 10,55 (19,64 - 16,00) = 107,038 : 38,402. Es beständen also 145,440 Theile des gemischten Goldes aus 107,038 Theilen reinem Golde und 38,402 Theilen Silber. Wenn wir nun nach der Regel de tri so ansehen:

145,440 Pf. schlechtes Gold enthalten 107,038 Pf. feines Gold, was 20 Pf.? so erhalten wir 14,719 Pf. feins Gold, die mit 2,281 Pf. Silber vermischt die 20 Pf. der Krone ausgemacht haben.

Da aber die Metalle bey ihrem Zusammenschmelzen mehr oder weniger in einander greifen und nicht mehr die Dichtigkeit behalten, die sie der Berechnung zu Folge haben sollten (§. 184.), so sieht man leicht, daß jene Formel nicht die Verhältnisse der Quantitäten in der Mischung angeben kann, wenn man nicht weiß, wie sich die Dichtigkeit ändert. Auch läßt sie sich nicht bey der Zusammenschmelzung von mehr als zwey Metallen anwenden.

- 2) Wenn man Kochsalz in Wasser auflöst, so ist der Raum, welchen die Auflösung einnimmt, nicht mehr gleich der Summe der Räume des Kochsalzes und des Wassers. Es sind also eigene Beobachtungen und darauf gegründete Rechnungen nöthig, um aus dem specifischen Gewichte der Salzlösung die Menge des Salzes zu finden, die in einem gegebenen Gewichte der Salzlösung enthalten ist. Lambert (Histoire de l'acad. de Prusse 1762. T. XVIII. S. 27. ff.) hat eine solche Tabelle berechnet.

Gewicht

Phänomene schwerer liquider Körper. 255

Gewicht des Salzes	Eigenthüml. Gewicht der Soole.
0	1,000
10	1,007
20	1,014
30	1,021
40	1,027
50	1,034
60	1,041
70	1,047
80	1,054
90	1,060
100	1,067
110	1,073
120	1,080
130	1,086
140	1,093
150	1,099
160	1,105
170	1,111
180	1,117
190	1,123
200	1,129
210	1,135
220	1,141
230	1,146
240	1,152
250	1,158
260	1,163
270	1,169
280	1,175
290	1,180
300	1,185
310	1,191
320	1,196
330	1,201
336,8	1,2047

Setzt, die Soole ist in ihrem eigenthüml. Gewichte 1,175, so füllen 1175 Gr. derselben so viel Raum, als 2000 Gr. Wasser, und es sind in diesen 1175 Gr. 280 Gran Salz, oder das in ihr befindliche Salz beträgt $\frac{280}{1175}$ ihres Gewichtes. Nach der Regel de tri kann man nun leicht finden, wie viel Salz in einem Pfunde solcher Soole sey; denn wenn 1175 Gr. Soole 280 Gr. Salz enthalten, so sind in 1 Pf. oder 7680 Gr. Soole 1830 Gr. Salz.

- 3) Wenn Alcohol und Wasser mit einander vermischt werden, so ist das eigenthümliche Gewicht nach der Vermischung nicht so, als es der Berechnung zu Folge nach ihrem reellen eigenthümlichen Gewichte seyn sollte. Um also aus dem eigenthümlichen Gewichte der Mischung das Verhältniß beider Ingredienzien zu erfahren, sind vorläufige Versuche und nähere Bestimmungen nöthig. Herr Gilpin in England hat dergleichen Versuche über die Aenderungen der Dichtigkeit des Alcohol und Wassers, wenn sie in verschiedenen Verhältnissen mit einander vermischt werden, in zahlreicher Menge, und zwar für verschiedene Grade von Wärme von 30 bis 80° F., angestellt, und Tabellen entworfen, nach welchen man aus dem eigenthümlichen Gewichte des Gemisches den Gehalt an Alcohol oder Wasser finden kann. Ich habe eine solche Tabelle desselben für die Temperatur von 60° F. mitgetheilt (Versuche über die Aenderung der Dichtigkeit bei Vermischung von Alcohol und Wasser, von Herrn Gilpin; in Grens neuem Journ. der Phys. B. 12. S. 365. ff.) Herr Gilpin nimmt darin das eigenthümliche Gewicht des Alcohol 0,825 an. Indessen hat Herr Lowitz gezeigt, daß Alcohol von diesem eigenthümlichen Gewichte selbst noch nicht wasserfrei sey, und daß er durch die stärkste Entwässerung bis 0,791 (bei 68° F.) herabgebracht werden könne. Er selbst hat darnach eine Tabelle der eigenthümlichen Gewichte für die Gemische von solchem Alcohol und Wasser aus Versuchen entworfen, die ich hier mittheile:

Eigenthüml. Gewicht	des Gemisches aus		
	100 Th. Alcohol	o Th. Wasser.	
0,791	100	—	—
0,794	99	—	1
0,797	98	—	2
0,800	97	—	3
0,803	96	—	4
0,805	95	—	5
0,808	94	—	6
0,811	93	—	7
0,813	92	—	8
0,816	91	—	9
0,818	90	—	10
0,821	89	—	11
0,823	88	—	12
0,826	87	—	13
0,828	86	—	14
0,831	85	—	15
0,834	84	—	16
0,836	83	—	17
0,839	82	—	18
0,842	81	—	19

Eisen,

Phänomene schwerer liquider Körper. 257

Eigenthüm. Gewicht	des Gemisches aus		
	30 Th. Alcohol	20 Th. Wasser.	
0,844	79	21	—
0,847	78	22	—
0,849	77	23	—
0,851	76	24	—
0,853	75	25	—
0,856	74	26	—
0,859	73	27	—
0,861	72	28	—
0,863	71	29	—
0,866	70	30	—
0,868	69	31	—
0,870	68	32	—
0,872	67	33	—
0,875	66	34	—
0,877	65	35	—
0,880	64	36	—
0,882	63	37	—
0,885	62	38	—
0,887	61	39	—
0,889	60	40	—
0,892	59	41	—
0,894	58	42	—
0,896	57	43	—
0,899	56	44	—
0,901	55	45	—
0,903	54	46	—
0,905	53	47	—
0,907	52	48	—
0,909	51	49	—
0,912	50	50	—
0,914	49	51	—
0,917	48	52	—
0,919	47	53	—
0,921	46	54	—
0,923	45	55	—
0,925	44	56	—
0,927	43	57	—
0,930	42	58	—
0,932	41	59	—
0,934	40	60	—
0,936	39	61	—
0,938			

Eigenthümlichkeit.	Gewicht	des Gemisches aus:		
		38 Th. Alcohol	62 Th. Wa. Ser.	
0,940	38	—	63	—
0,942	37	—	64	—
0,944	36	—	65	—
0,946	35	—	66	—
0,948	34	—	67	—
0,950	33	—	68	—
0,952	32	—	69	—
0,954	31	—	70	—
0,956	30	—	71	—
0,957	29	—	72	—
0,959	28	—	73	—
0,961	27	—	74	—
0,963	26	—	75	—
0,965	25	—	76	—
0,966	24	—	77	—
0,968	23	—	78	—
0,970	22	—	79	—
0,971	21	—	80	—
0,973	20	—	81	—
0,974	19	—	82	—
0,976	18	—	83	—
0,977	17	—	84	—
0,978	16	—	85	—
0,980	15	—	86	—
0,981	14	—	87	—
0,983	13	—	88	—
0,985	12	—	89	—
0,986	11	—	90	—
0,987	10	—	91	—
0,988	9	—	92	—
0,989	8	—	93	—
0,991	7	—	94	—
0,992	6	—	95	—
0,994	5	—	96	—
0,995	4	—	97	—
0,997	3	—	98	—
0,998	2	—	99	—
0,999	1	—	100	—
1,000	0	—		—

Crelle Chem. Annalen, 1796. B. I. S. 102. ff.

Geck:

Sechstes Hauptstück.

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten.

§. 370.

Wir betrachten hier die Phänomene, welche schwere elastische Flüssigkeiten (§. 135.) durch ihr Gewicht und durch ihre Elasticität hervorbringen. Wir kennen zweyerley Arten dieser Flüssigkeiten: Gasarten oder Luftarten und Dämpfe (§§. 135. 136.). Bei jenen ist die Elasticität dauernd, in jedem uns bekannten Grade der Zusammendrückung so wohl, als der Kälte; diese hingegen behalten ihre elastische Form nur bei einem gewissen Grade der Wärme unter einem bestimmten Drucke. So lange indessen die letztern im wirklichen expansibeln Zustande sind, befolgen sie auch mit den erstern dieselbigen allgemeinen Gesetze der schweren elastischen Flüssigkeiten. Da diese Gesetze unabhängig von der individuellen Natur der Basis der expansibeln Flüssigkeiten sind, so gehören die davon abhängenden Erscheinungen in die allgemeine Naturlehre. Der Kürze wegen bediene ich mich des Ausdrucks: Luft, zur Bezeichnung aller expansibeln Flüssigkeiten. An der atmosphärischen Luft, die wir allenthalben antreffen, können wir am besten die Phänomene, die allen expansibeln Flüssigkeiten gemeinsam sind, beobachten, und wir können uns daher ihrer am bequemsten zur Anstellung der hierher gehörigen Erfahrungen und

Versuche bedienen. Das, was wir von ihr als elastischer Flüssigkeit sagen, gilt von allen andern elastischen Flüssigkeiten, die auch eben so durch ihr Gewicht und ihre Expansibilität wirken würden, wenn sie an der Stelle der Luft die Atmosphäre um die Erde bildeten.

§. 371. Ein expansibles Fluidum hat als solches ein Bestreben, einen größern Raum zu erfüllen (§. 131.), und übt solcher Gestalt Druck gegen jedes Hinderniß seiner Expansion aus. Ferner widersteht es bey der Verengung seines Raumes vermöge seiner Expansivkraft.

§. 372. Die Luft ist expansibel und dehnt sich, wenn kein Hinderniß ihrer Expansion da ist, zu einem Raume aus, dessen Grenzen man nicht kennt. So wie aber der Raum wächst, zu welchem eine Masse Luft sich ausdehnt, so nimmt auch ihre Expansivkraft ab, weil sie nun nicht mehr mit demselbigen Grade von Kraft ihren Raum erfüllt (§. 50.).

§. 373. Bey der Ausdehnung einer Masse Luft in einen größern Raum nimmt ihre Dichtigkeit ab; und die Dichtigkeit, die sie übrig behält, verhält sich zur vorigen Dichtigkeit, wie der Raum, den sie vorher einnahm, zu dem Raume, in welchen sie sich ausge dehnt hat.

§. 374. Die Luft ist compressibel. Ueber die Kraft, mit welcher die Luft sich auszudehnen strebt, ist eine größere möglich, und durch diese läßt sich die Luft auch wirklich in einen engern Raum pressen. Se
mehr

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 261

mehr die Luft aber zusammengepreßt wird, um desto mehr wächst ihre Dichtigkeit und der Grad der Kraft, womit sie ihren Raum erfüllt; folglich desto mehr widersteht sie der sie zusammendrückenden Kraft. Der Grad der Zusammendrückung hat folglich für unsere sinnlichen Kräfte seine Grenzen.

§. 375. Wenn eine Masse Luft im Gleichgewichte ihrer Theile ist, so ist die Expansivkraft jedes Punctes derselben dem Drucke derselben auf diesen Punct gleich.

§. 376. Ein elastisches Fluidum wirkt auf das Hinderniß seiner Expansion mit derselbigen Kraft, mit der es zusammengedrückt worden ist. Die Luft in einem Gefäße übt also gegen die Wände desselben eben denselbigen Druck aus, als die Kraft ausüben würde, mit der sie bis zu ihrem dormaligen Grade der Dichtigkeit zusammengepreßt worden ist.

§. 377. Die Luft ist eine schwere expansibele Flüssigkeit, und muß also durch ihr Gewicht Druck ausüben. Höher liegende Luftschichten müssen also auf die darunter liegenden durch ihr Gewicht pressen.

§. 378. Wenn demnach die ganze Masse Luft sich selbst überlassen im Gleichgewichte ist, so kann ihre Dichtigkeit nicht durchaus gleichförmig seyn; die untern Schichten müssen, wegen der Compressibilität der Luft (§. 374.) und des Gewichts der darüber liegenden Schichten, in einen engeren Raum gepreßt, folglich dichter seyn; es muß also die Dichtigkeit der Schichten hinabwärts wachsen. Mit der Zunahme

der Dichtigkeit der tiefer liegenden Luftschichten muß aber auch die Expansivkraft derselben zunehmen, und die absolute Elasticität jedes Theiles derselben muß dem Gewichte der ganzen darüber stehenden Säule proportional seyn (§. 376.).

§. 379. Die Erfahrung bestätigt dies an der atmosphärischen Luft. Wenn man eine gläserne recht trockene Röhre, die an einem Ende geschlossen und länger ist, als 28 paris. Zoll, mit reinem gekochten Quecksilber ganz anfüllt, das offene Ende mit dem Finger zuhält, hierauf umkehrt, und, nachdem man es in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht hat, die Röhre vertical hält und den Finger von der Oeffnung wegzieht; so bleibt das Quecksilber darin etwa 28 paris. Zoll über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße zurück, durch den Druck der Luft, der auf die Fläche des Quecksilbers im Gefäße einseitig ist. Evangelista Torricelli stellte diesen an Folgerungen so fruchtbar gewesenem Versuch zuerst im J. 1643 an, und bewies dadurch die Schwere der Luft. Die Röhre mit dem Quecksilber darin heißt daher auch die *torricellische Röhre* (*Tubus torricellianus*), und der Raum über dem Quecksilber in der Röhre die *torricellische Leere* (*Vacuum torricellianum*).

Casp. Schottii Technica curiosa. Herbipol. 1664. 4. 1. III. S. 192. ff.

Daß aber der Druck der Luft von dem angeführten Phänomene die Ursach sey, das folgt nicht nur unmittelbar Weise aus ihm selbst, sondern wird auch dadurch bestätigt: 1) daß durch Wegnahme der Luft über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße unter der Luftpumpe, nach einem in der Folge anzustellenden Versuche, das Quecksilber in der torricellischen Röhre herabfließt; 2) daß das Quecksilber ganz herausfällt, so bald die Röhre oben geöffnet wird, und also

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 263

also der Druck der Luft nicht mehr einseitig ist; 3) daß das Quecksilber nach hydrostatischen Gesetzen in der Röhre um eben so viel höher steigt, als das Niveau des Quecksilbers außerhalb höher wird; 4) daß, wenn die Röhre enge geschlossen ist, beim senkrechten Herausziehen derselben aus dem Gefäße das Quecksilber in derselben in die Höhe getrieben wird und oben hängen bleibt.

§. 380. Da der Druck der Luft so groß seyn muß, als der Gegenruck des Quecksilbers in der torricellischen Röhre, so können wir hieraus mit Recht schließen, daß der Druck der Atmosphäre gegen jede gegebene Fläche so groß sey, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von eben dieser Grundfläche und der Höhe in der torricellischen Röhre.

Ein parisi. Cubikfuß Quecksilber wiegt nahe 950 Pfund parisi. ein Cubitzoll, Duodecimalmaaß, 17 $\frac{1}{2}$ Loth, 24 Quentchen. Wenn also der Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder 24 Fuß, so beträgt er gegen eine Fläche von einem Quadratfuß 22163 Pfund, und von einem Quadratzoll 15 Pfund, 12 $\frac{1}{2}$ Loth parisi.

Um jede Linie, um welche das Quecksilber höher oder niedriger, als 28 Zoll ist, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuß 64 $\frac{1}{2}$ Pfund mehr oder weniger.

§. 381. So lange die Luft nicht in Gefäßen eingeschlossen ist, sondern frey bleibt und auf ihre ganze Masse Rücksicht genommen wird, so muß sie nur durch ihr Gewicht wirken und daher dieselbigen Gesetze des Gleichgewichts befolgen, als nicht-elastische Flüssigkeiten.

§. 382. Es müssen daher auch die Luftsäulen unter einander bey gleichen Höhen und Dichtigkeiten im Gleichgewichte stehen; jede Luftsäule muß auch fähig seyn, statt ihrer benachbarten einen Körper von gleichem Gewichte zu tragen, und ihr Druck muß sich

zu Folge der hydrostatischen Geseze nach allen Richtungen zu äußern.

Wenn der Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll, so muß er auch das Gleichgewicht halten mit einer Wassersäule von 14 . 28 Zoll, oder von 32 Fuß (paris.), wenn das Wasser ein 14mal geringeres eigenthümliches Gewicht hat.

§. 383. Hieraus erklärt sich auch die Erscheinung, daß aus einem Gefäße mit enger Oeffnung beim Umkehren nichts herausläuft, und daß der Hahn eines vollen Fasses, dessen Spundloch geschlossen ist, nichts bei der Oeffnung herausläßt, u. dergl. m.

§. 384. Es folgt ferner, aus der Schwere der Luft nach hydrostatischen Gesezen, daß der Druck der Luftsäulen abnehmen müsse, wenn ihre Höhe, bei übrigens gleichen Umständen, abnimmt, und umgekehrt; daß folglich das Quecksilber in der torricellischen Röhre in hohen Regionen der Atmosphäre nicht so hoch stehen könne, als in niedrigeren, wie auch die Erfahrung lehrt.

§. 385. Ferner muß die Luft im Freyen nach Verhältniß ihrer Dichtigkeit drücken; und eben hieraus ist es abzuleiten, daß das Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre, wenn es nach höhern Regionen der Luft gebracht wird, nicht den Höhen proportional, sondern immer verhältnißmäßig kleiner ist. In höhern Gegenden ist nämlich die Luft dünner, in niedrigeren dichter (§. 378.).

de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, Tb. II. S. 270. ff.

§. 386. Der Druck der Luft kann keine Bewegung hervorbringen, so lange er von allen Seiten gleich

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 263

gleich bleibt; er äußert sich aber sogleich, so bald er einseitig wird, oder auch auf der innern und äußern Fläche eines Körpers ungleich Statt findet.

Hierher gehören die nachher bei der Luftpumpe anzustellenden Versuche: 1) mit den magdeburgischen Halbkugeln; 2) das Zerbrechen einer Glaschibe, die auf einen metallenen Eschlinger gefüllt ist, aus welchem man die Luft anszieht; 3) das Zerreißen einer über eben denselben gespannten Blase.

§. 387. Wenn also die Luft nur von Einer Seite her auf einen Körper drückt, und dieser beweglich ist, so kann er dadurch in Bewegung gesetzt werden.

Hierher gehört:

1) Robertvaſs Versuch, oder Pascals Rammer.

Tentamina experimentor. natur. capt. in academia deſ. Cimento. S. 29. ff.

2) Otto von Guericke's Windbüchse mit verdünnter Luft.

C. Schotti technica curioſa. L. XI. S. 281. Otton. de Guericke experimenta de vacuo ſpatio. S. 112.

§. 388. Endlich folgt auch aus §. 386., daß, wenn die Luft auf einerley tropfbar-flüssige Materie ungleich drückt, diese letztere nach der Gegend hin, wo sie weniger Druck von der Luft erleidet, bewegt werden mußte. Hierauf gründet sich die Wirkung des Hebbers (Sypho).

§. 389. Der gemeine Heber besteht aus einer gekrümmten Röhre abc (Fig. 130.), wovon der eine Schenkel bc länger ist, als der andere ab. Der Heber ſey mit einem liquidum gefüllt, und ſein offner Schenkel ab in ein offenes Gefäß AB, das auch dieses liquidum enthält, bis g eingetaucht. Es ist aus dem

dem Vorhergehenden (§. 313.) klar, daß die Flüssigkeit in *ag* durch den Druck der diesen Schenkel umgebenden gleichartigen Flüssigkeit erhalten werde. Der Druck der Luft findet auf die Fläche *fh* der Flüssigkeit im Gefäße Statt: er findet aber auch Statt gegen die Fläche der Flüssigkeit an der Mündung *c* des längern Schenkels des Hebers. Jenem Drucke der Luft auf die Fläche *fh* drückt die Flüssigkeit in dem Schenkel *ba* entgegen, aber nur der Theil *bg*; dem Drucke der Luft gegen *c* drückt die Flüssigkeit in dem Schenkel *bc* entgegen. Da dieser letztere Gegendruck wegen der längern Säule der Flüssigkeit *bc* größer ist, als der Gegendruck von *bg*, so erfolgt die Bewegung des Liquids nach der Richtung der größern Kraft: es fließt aus dem längern Schenkel in *c* aus, und steigt in *a* in dem kürzern empor; oder es ist eben so gut, als *bb* die Luft auf *fh* stärker drückte, als gegen die Mündung *c*. Zwar ist die Luftsäule, die gegen *c* drückt, um *dc* länger, aber das Liquidum innerhalb *dc* ist auch um vieles dichter, als die Luft, und daher sein absolutes Gewicht um vieles größer, als das absolute Gewicht der Luftsäule von gleichem Durchmesser und der Höhe *cd*.

§. 390. Wenn der Schenkel *ba* des Hebers (Fig. 130.) mit einer specifisch schwerern Flüssigkeit, *L*, der Schenkel *bc* hingegen mit einer specifisch leichtern Flüssigkeit *l* gefüllt, und das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts von *L* zu dem von *l* größer ist, als das Verhältniß der senkrechten Höhe von *c* bis *b* zu der von *a* bis *b*; so wird,
wenn

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 267

wenn die Mündungen a und c geöffnet werden, nach hydrostatischen Gesetzen, der Ausfluß aus a, und nicht aus c, Statt finden. Wenn ferner das Gefäß AB mit einer specifisch schwerern Flüssigkeit, der Heber selbst aber mit einer specifisch leichtern angefüllt ist, so kann es aus den angeführten Gründen kommen, daß der Heber in c zu fließen aufhört, nämlich dann, wenn die in dem ~~längern~~^{kürzern} Schenkel bg gestiegenen und darin noch befindlichen Flüssigkeiten zusammen eben so stark in der senkrechten Richtung drücken, als die leichtere in dem längern Schenkel bc thut.

§. 391. Wenn der kürzere Schenkel bg des Hebers (Fig. 130.) länger ist, als die Höhe, bey welcher das liquidum, das durch den Heber fließen soll, in der torricellischen Röhre durch den Druck der Luft erhalten werden könnte, so kann der Heber nicht wirken.

§. 392. Es kann kein Ausfluß aus dem äußern Schenkel des Hebers geschehen, wenn dieser äußere Schenkel kürzer ist, als der innere bg (Fig. 130.); dann geschieht vielmehr der Ausfluß aus a. Dies ist auch der Fall, wenn der längere Schenkel bc in einer Flüssigkeit derselbigen Art steht, als ba, aber tiefer, z. B. bis k.

§. 393. Wenn beyde Schenkel ba und bc des Hebers (Fig. 131.) gleich lang sind, so kann aus dem mit einerley Flüssigkeit gefüllten und senkrecht gehaltenen Heber nichts ausfließen, indem der Gegen-
druck der Luft gegen a und c gleich groß ist. Taucht
man

man aber den einen Schenkel, z. B. ab , in eine Flüssigkeit dieser Art, z. B. bis efg , so fließt der Heber bey c , und zwar desto stärker, je tiefer der Schenkel ab eingetaucht wird. Jetzt ist nämlich die Flüssigkeit, die in dem Schenkel ab gegen die Luft drückt, nur in der senkrechten Höhe bg zu nehmen. Ein Heber dieser Art heißt ein württembergischer Heber.

§. 394. Außer dem Gebrauche, zu welchem die Heber im gemeinen Leben nützen, dienen sie auch zur Erklärung mancher Phänomene der Natur und Kunst. Dahin gehört:

- 1) Die Wirkung einiger natürlichen Brunnen, die sich von Wasser ausleeren, wenn es darin bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 2100. *Journal des Sçav* A. 1682. S. 455. *Plinius* hist. nat. L. II. C. 103. *Oliver*, in *philos. transact.* No. 204. Vol. XVII. S. 908. *Atwell*, ebeud. No. 424. Vol. XXXVII. S. 301.

- 2) Die Einrichtung des künstlichen Tantalus, des Verurbechers oder Diabetes der Alten.

Muschenbroek a. a. D. §. 2100.

Heronis, *Alexandrini*, *Spirituum liber*. Amstelod. 1716. 4. Prop. 12.

- 3) Die Wirkung des Kircherschen Hebers.

Wolfs nützl. Versuche. Th. III. S. 576. §. 126.

- 4) Die Wirkung der so genannten *Fraterna Caritas*, eines dreh- und mehrschenkligen württembergischen Hebers.

- 5) Kirchers Brunnen.

Karstens Anfangsgr. der Naturk. §. 282.

§. 395. Die Erfahrung lehrt, daß an einem und demselbigen Orte die Höhe des Quecksilbers in der torricellischen Röhre (§. 379.) nicht dieselbige bleibt, sondern zu verschiedenen Zeiten bis auf eine gewisse Grenze größer oder kleiner ist. Es folgt hieraus, daß in der Atmosphäre Ursachen wirksam seyn müssen, die den Druck der Luft auf die Quecksilbersäule veränderlich machen. Weil also die torricellische Röhre den Druck der Luft durch die damit correspondirende Quecksilbersäule anzeigt, so hat man ihr den Namen des Barometers oder Barocops gegeben; und weil mit der Veränderung des Drucks der Luft gewöhnlich eine Aenderung der Witterung verknüpft ist, so nannte man es auch ein Wetterglas.

§. 396. Man hat dem Barometer mancherley Einrichtungen zu geben gesucht, theils um es zu verschiedenen Anwendungen bequemer, theils die Veränderungen auffallender zu machen und genauer zu messen. So wie die Einrichtung §. 379. angegeben ist, und wie sie zuerst bey der Erfindung war, erfordert das Instrument viel Quecksilber und ist nicht bequem zu transportiren. Man krümmte zu dem Ende die Röhre wieder nach aufwärts, und maasß die Höhe der Quecksilbersäule von der horizontalen Oberfläche des Quecksilbers in dem kürzern Schenkel. Da aber das Quecksilber, wenn es in der längern Röhre durch den verminderten Druck der Atmosphäre, z. B. um einen Zoll, sinken sollte, in diesem kürzern Schenkel steigt, und nun hier wieder um so viel durch seine eigene

eigene Schwere zurückwirkt, folglich macht, daß das in der längern Röhre enthaltene nur um einen halben Zoll sinken kann; so gab man diese Einrichtung bald wieder auf, die man doch nachher für die vollkommenste gefunden hat. Man gab also diesem kürzern Schenkel ein weites kegelförmiges Behältniß, damit das in der längern Röhre herabfallende Quecksilber sich in einen desto weitem Raum ausbreiten und hier in der Kugel die Höhe desselben nur unmerklich vermehren, auf das Fallen oder Steigen in der engern Röhre aber keinen merklichen Einfluß haben möchte, da Flüssigkeiten von einerley Art auch in Röhren von ungleicher Weite gleich hoch stehen (§. 314.). Je weiter die Kugel des kürzern Schenkels in Vergleichung der torricellischen Röhre ist, um desto weniger wird das Niveau der Quecksilberfläche in dieser Kugel durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre erniedrigt oder erhöht.

§. 397. Zu ganz genauen Beobachtungen aber, und zu solchen Versuchen, wo das Fallen des Quecksilbers sehr beträchtlich ist, kann dieses Barometer aus den angeführten Gründen nicht sicher angewendet werden, wenn man die Scale nicht beweglich macht. Herr de Luc ging daher zu der erstern einfachen Einrichtung dieses Instruments wieder zurück, und zeigte, daß das Barometer mit dem nach oben zu gekrümmten, gleich weiten Schenkel, oder das so genannte heberförmige oder Heberbarometer, alle Vorzüge besäße, und durch die gehörige Einrichtung desselben der vorhin genannte Fehler, daß es die Höhe des Queck-

Quecksilbers beim Fallen zu groß und beim Steigen zu klein anliegt, völlig gehoben werden könnte. Wenn man nämlich von dem, um welches das Quecksilber in der längern Röhre gefallen ist, das abzieht, um welches es in dem kürzern Schenkel stieg, oder zu dem, um welches es in dem längern Schenkel stieg, das, um welches es in dem kürzern fiel, addirt; so hat man jedesmal die wahre Höhe des Fallens und Steigens. Nur die Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre, die über dem Niveau des Quecksilbers im kürzern steht, ist es, die dem Drucke der Luft correspondirt. Durch ihre Messung findet man daher auch immer die Höhe einer Quecksilbersäule, die mit dem Drucke der Luft im Gleichgewichte ist.

De Luc über die Atmosphäre, S. 381. ff.

§. 398. Zu der genauen Einrichtung des Barometers gehört: 1) daß es bloß und allein durch Veränderungen im Drucke der Luft officirt werde und diese Veränderung auch wahrhaft anzeige. Dazu ist nöthig, daß die torricellische Leere vollkommen von Luft rein sey; denn wenn sie Luft enthält, so wird die Quecksilbersäule kürzer seyn, als sie sollte, und die Wärme wird darauf Einfluß haben. Durch Erhitzung der torricellischen Leere muß also das Quecksilber in der Röhre nicht herabgedrückt werden oder sinken. Um diese torricellische Röhre rein zu erhalten, ist es nöthig, bey Verfertigung des Barometers das Quecksilber in der Röhre stark auszukochen.

Aus der allgemeinen Wirkung der Wärme auf alle Körper wird man leicht einsehen, daß die Barometerhöhe bey größerer Wärme größer, und bey geringerer Wärme kleiner seyn müsse, wenn auch der Druck der Luft derselbige bleibt. Herr de Luc fand bey genäuer Untersuchung, daß eine

eine 27 Zoll lange Quecksilberssäule vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte des Wassers um 6 Linien oder $\frac{1}{2}$ ihrer Länge zuwehren. Nimmt man diese Bestimmung für die richtige, so muß die Quecksilberssäule im Barometer, das beym natürlichen Frostopuncte auf 27 Zoll stand, bey unverändertem Drucke der Atmosphäre z. B. um eine Linie steigen, folglich 32 Linien hoch stehen, wenn die Temperatur um den sechsten Theil des Fundamentalabstandes vom Thermometer zunimmt und 62° Fahr. oder 13 $\frac{1}{2}$ ° Reaum. wird. Die Veränderung der Wärme um 30° Fahr. bringt also das Barometer jedesmal um eine Linie höher, und jede Veränderung um 1° um $\frac{1}{6}$ einer Linie. Herr de Luc hat in dem Ende um mehrerer Bequemlichkeit willen den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostopuncte bis zum Siedepuncte am Thermometer in 96 gleiche Theile getheilt, und so kommt auf jeden 1sten Grad Zunahme der Wärme dieses Thermometers eine Linie Zunahme der Höhe des Barometers, und auf jede Veränderung der Wärme um einen Grad, $\frac{1}{96}$ Linie Veränderung des Barometerstandes.

de Luc Unters. über die Atmosph. §. 352. — 365.

Ohne durch neue Scalen die Thermometersprache unnötiger Weis noch mehr zu erweitern, Ander man die Verichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme, wenn der am Thermometer beobachtete Grad k , der, auf welchen man die Beobachtung reduciren will, i , und die Zahl der Grade des Fundamentalabstandes vom Siedepuncte bis zum Siedepuncte f heißt, wenn man zur beobachteten Barometerhöhe B noch $\frac{i - k}{54 f} B$ hinzusetzt, oder, wenn $i - k$

negativ ist, $\frac{k - i}{54 f} B$ davon abzieht. (S. Schlers physikal. Wörterb. Art. Barometer.)

Noch ist hier zu erinnern, daß der Fundamentalabstand an der Fahrenheit'schen Scale vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte bey der Bestimmung des Hrn. de Luc von 27 3/4 Barometerhöhe eigentlich nur gleich 178 Gr. gesetzt werden kann, nicht 180 Gr.

von Swinden' poht. physl. II. S. 107. f.

Nach Roy (Philos. transact. Vol. LXVII. S. 635. ff.) beträgt die verläugerte Ausdehnung einer 27 Zoll langen Quecksilberssäule durch die Wärme vom natürlichen Frostopuncte bis zum Siedepuncte 0,5117 engl. Zoll, oder 5,7617 parisi. Linien; auch ist die Zunahme durch gleiche Anzahl von Graden in den verschiedenen Temperaturen nicht gleich groß; nach Rosenthal (Beiträge zur Verfertigung, Kenntniß und Gebrauch meteorologischer Werkzeuge. Gottha. V. I. 1782., V. II. 1784. 8.) ist die Ausdehnung der Quecksilberssäule 5,56 parisi. Lin., und nach Luz (Beschreib. von Barometern, f. unten §. 492. Num.) 5,64 parisißche Linien.

Einareiche Vorschläge zur Verichtigung des Barometerstandes wegen des Einflusses der Wärme, ohne Thermometer,

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 273

ter, haben La Grange (*Miscellanea Taurinensia*, 1759. T. 1. S. 15. ff.), Lamouon (*Journal de Physique* T. XII. S. 7. ff.), und Rorkthal (Anleitung, das de Luc'sche Barometer zu einem höhern Grade der Vollkommenheit zu bringen, Gotha 1779. 8.), gekbau. Es gehört hierzu ein heberförmiges Barometer, dessen Schenkel ganz genau gleich weit sind.

van Swinden *posit. phyl.* T. II. S. 104. f.

§. 399. 2) Ein zweiter Umstand beim Barometer ist die Scale. Zu dem Ende wird die mit Quecksilber gefüllte, gehörig ausgekochte, und gleich weite Röhre auf ein Bret unbeweglich befestigt, und darauf die Scale nach einem sehr genauen Fußmaasse in Zollen und Linien aufgetragen. Den uns ist es gewöhnlich, sich dazu des Pariser Fußmaasses zu bedienen. Beim heberförmigen Barometer zieht man gemeinlich in der Mitte der Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre einen horizontalen Strich, trägt die Abtheilungen in Zollen, Linien und Zehnthelchen der Linien oberhalb und unterhalb derselben auf, und um die jedesmalige wahre Höhe der Quecksilbersäule, die durch den Druck der Luft erhalten wird, zu finden, abliert man den Stand des Quecksilbers oberhalb jener Mittellinie und unterhalb derselben bis zum Niveau des Quecksilbers im kürzern Schenkel zu einander. Wenn man das Barometer bloß zur Beobachtung der Veränderungen des Drucks der Luft für einen Ort braucht, so ist es hinreichend, die Unterabtheilungen der Zolle in Linien und Zehnthelchen der Linien, nur einige Zolle oberhalb und unterhalb des Standes des Quecksilbers in beyden Schenkeln anzubringen. Zu den Beobach-

S

tungen

tungen kleinerer Theile des Maassstabes dient ein Nonius oder Vernier.

Da man sich auch des engl., rheinl. und schwedischen Maasses zu den Beobachtungen hier und da bedient, so theile ich hier nach van Swinden (posit. phys. T. II. S. 107.) die Vergleichung derselben mit:

engl.	rheinl.	paris.	schwed.
31 Z.	30 Z. 1,13 L.	29 Z. 1,05 L.	26,52 Dec. Z.
30 "	29 " 1,48 "	28 " 1,79 "	25,66 "
29 "	28 " 1,83 "	27 " 2,53 "	24,81 "
28 "	27 " 2,18 "	26 " 3,27 "	23,95 "

§. 400. 3) Bey der Beobachtung des Standes des Quecksilbers im Barometer und der Messung der Länge der Quecksilbersäule ist es nöthig: daß die Röhre des Barometers vollkommen vertical hänge; daß bey der Beobachtung das Auge in einerley horizontalen Ebene mit der Fläche des Quecksilbers gehalten werde; und daß man den Stand des Quecksilbers bey dem höchsten Punkte seiner Convexität ermesse. 4) Sonst gehört es noch zur Verfertigung genauer und vergleichender Barometer, als wesentlich: daß das Quecksilber von der grössten Reinigkeit sey, und daher einerley eigenthümliches Gewicht in den verschiedenen Barometern habe, welches allerdings ein Hauptumstand ist; daß die Röhre allenthalben gleich weit und ohne Rauigkeit sey; daß bey dem heberförmigen Barometer der kürzere Schenkel genau parallel mit dem längern und mit ihm von gleich weitem Durchmesser; und endlich, daß die Röhre von gehörigem Durchmesser sey.

van Swinden posit. phys. T. II. S. 94 — 118:

§. 401. Um kleine Veränderungen des Drucks der Luft am Barometer recht bemerkbar zu machen, hat

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 273

hat man allerley Complicationen und Künsteleien daran ausgedacht. Dahin gehören:

1) Das Huygens'sche Doppelbarometer.

Journ. des Scav. 1672. Dec. S. 139. Oper. phys. T. I. S. 276. Muschenbroek introd. S. 2080.

2) Das Hooke'sche oder de la Hire'sche Doppelbarometer.

Hook, in den *philos. transact.* No. 185. Vol. XVI. S. 241. De la Hire, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1708. S. 157. ff. Muschenbroek introd. S. 2081.

3) Hooke's Radbarometer.

Hook *micrographia*. London 1665. Föl. T. XXXVII. Fig. 4. Muschenbroek S. 2089.

4) Morlands schief liegendes Barometer.

Muschenbroek introd. S. 2078.

5) Bernoulli's rechnünftiges Barometer.

Muschenbroek S. 2083.

Alle diese Abänderungen des Barometers selbst aber leisten zu genauen Beobachtungen des Drucks der Luft die gehofften Vortheile nicht, bringen Vermehrung der Friction zuwege, und der Einfluß der Wärme und Kälte darauf läßt sich nicht leicht und genau berechnen.

de Luc Unters. über die Atmosph. Th. I.

Von Reisebarometern sehe man: de Luc a. a. O. Th. II. S. 459. ff. J. G. v. Magellans Beschreibung neuer Barometer, a. d. Franz. Leipz. 1782. 8. Lichtenbergs Masgazin für das Neueste aus der Phys. B. I. St. 3. S. 98. Description d'un baromètre portatif par Mr. J. G. Surzer, in den *act. helvet.* T. III. S. 259. ff. Beschreibung eines neuen Reisebarometers, von Hrn. Surter, in Lichtenb. Magaz. B. V. St. 4. S. 84. ff.

§. 402. Wenn eine Portion Luft von der übrigen freien Luft abgeschnitten, z. B. in ein Gefäß eingeschlossen wird, so muß dieser eingeschlossene Theil,

weil er vorher mit der umgebenden Luft im Gleichgewichte, und durch ihren Gegendruck bis auf einen gewissen Grad zusammengebrückt war, eine Elasticität oder eine Expansivkraft besitzen, die jenem Drucke der Luft im Freyen proportional ist (§. 376.).

§. 403. Der Druck, den ein eingeschlossenes elastisches Fluidum durch seine Expansivkraft ausübt, oder seine absolute Elasticität, läßt sich durch die Höhe der Quecksilbersäule messen, die es in einer in diesem eingeschlossenen Raume befindlichen torricellischen Röhre zu erhalten fähig ist.

§. 404. Es muß demnach auch die in einem Gefäße eingeschlossene Luft, die mit der äußern nicht in Gemeinschaft ist, (bey derselbigen Wärme,) das Quecksilber in der torricellischen Röhre eben so hoch erhalten, als sie es zur Zeit der Einschließung im Freyen erhielt. So wird dann das Barometer zu einem Elaterometer der Luft. Jeder eingeschlossene Theil der atmosphärischen Luft wirkt das durch seine Elasticität, was das Gewicht der Luft im Freyen bewirkt, eben weil diese Elasticität dem vorigen Drucke der Luft durch das Gewicht proportional ist (§. 378.).

§. 405. Es sey in eine Glasugel *b* (Fig. 132.), von welcher unten die wieder nach oben zu gekrümmte Röhre *fga* ausläuft, ein elastisches Fluidum durch Quecksilber gesperrt, und das Quecksilber reiche in der oben bey *a* offenen Röhre bis *g*. Es ist klar, daß die in der Kugel *b* eingeschlossene elastische Flüssigkeit nicht nur, wegen der bey *a* offenen Röhre, dem

den Druck der atmosphärischen Luft, sondern auch noch den Druck der Quecksilbersäule g zu tragen habe, und damit im Gleichgewichte sey, und daß folglich ihre absolute Elasticität durch die dermalige Höhe der Quecksilbersäule eines daneben hängenden Barometers, addirt zu der Höhe der Quecksilbersäule g , gemessen werde.

§. 406. Nun läßt sich auch leicht erklären, warum durch die Elasticität der eingeschlossnen Luft dieselbigen Erscheinungen des Druckes und dieselbigen Wirkungen hervorgebracht werden können, als durch den Druck vermittelt ihres Gewichts im Freyen (§. 379 — 394).

§. 407. Die in einem Gefäße eingeschlossene Luft drückt durch ihre Elasticität gegen die Wände des Gefäßes von innen so stark, als die Luft von außen gegen dieselbige durch ihr Gewicht drückt (§. 376.), so lange sie im Innern des Gefäßes von der gleichen Beschaffenheit bleibt, als die äußere. Wird aber der Druck der äußern Luft größer oder kleiner, so kann kein Gleichgewicht mehr mit dem Drucke der innern Luft Statt finden.

Hierher gehört das Anschwellen einer mit wenig Luft gefüllten Blase unter der Glocke der Luftpumpe; das Springen des Wassers aus dem Heronsballe daseibst.

§. 408. Wenn auf eine tropfbare Flüssigkeit die Luft an zwey Stellen drückt, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern aber, in einem Gefäße eingeschlossen, durch ihre Elasticität, und es wird nun in diesem Gefäße die Luft verdünnt: so wird das
Gleich-

Gleichgewicht gehoben; die tropfbare Flüssigkeit wird durch den Druck der äußern Luft in das Gefäß getrieben und steigt so hoch, bis der senkrechte Druck der aufgestiegenen Säule und die Elasticität der darüber stehenden Luft das Gleichgewicht mit dem Drucke der äußern Luft halten.

Es werde eine Flasche von elastischem Harze, die zusammengedrückt ist, mit ihrer offenen Mündung in Wasser gehalten. So wie sie sich wieder ausdehnt, wird die Luft darin verdünnt, und das Wasser steigt darin empor.

§. 409. Hierauf gründet sich auch die Wirkung der Saugpumpen (*Antliae aspirantes, fectoriae*), in welchen durch den einseitigen Druck der Luft auf die Fläche des liquidums dieses in den Stiefel der Pumpe emporgehoben wird. Die größte Höhe, zu welcher das liquidum darin durch den ganzen Druck der Luft erhoben werden kann, ist die, in welcher eben dieses liquidum in einer torricellischen Röhre stehen würde. Daraus folgt denn, daß eine und dieselbige Flüssigkeit an höhern Orten durch die Saugpumpe nicht so hoch erhoben werden könne, als in niedrigeren (§. 384.), und daß bei unverändertem Drucke der Luft die specifisch schwerere Flüssigkeit darin nicht so hoch getrieben werde, als die specifisch leichtere, sondern daß die Höhen, zu welchen Flüssigkeiten ungleicher Art durch gleichen Druck der Luft darin empor gehoben werden können, sich umgekehrt verhalten wie ihre eigenthümlichen Gewichte (§. 329.)

Hierher gehört auch eine schon von Muschenbroek vorgeschlagene Methode, die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten aus den Höhen zu bestimmen, zu welchen sie durch einen solchen Druck der Luft erhoben werden. Das von ihm beschriebene

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 279

schriebene Werkzeug kommt mit dem überein, welches späterhin Scanegatty, unter dem Namen *Hygroclimaz*, und dann auch Richard für neu ausgeben.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. T. II. §. 1395. T. XXIX. Fig. 14. T. XXXII. Fig. 11. Scanegatty im *Journ. de phys.* T. XVII. S. 22. Richards Vorlesungen über die Experimentalphysik. Bd. I. S. 164.

§. 410. Ferner gründet sich auf dieses gehobene Gleichgewicht und den daher entstehenden einseitigen Druck der Luft (§. 407. 408.) die Wirkung des Saugens der Rinder, beim Tobakrauchen, u. s. w.; der Mechanismus beim Trinken, beim Athmen; die Wirkung der Schröpfköpfe (*Cucurbitulae scarificatoriae*); das Füllen der Blasebälge mit Luft; die Wirkung des Stechhebers (*Antlia vinopolarum*); *Scurms intermittirender Brunnen*.

Muschenbroek a. a. O. §. 2114.

§. 411. Wenn die Luft in einem Gefäße zusammengebrückt oder auch mehr Luft in das Gefäß gezwängt wird, so wächst ihre Dichtigkeit, und zwar im umgekehrten Verhältnisse ihres Raumes (§. 52.); es wächst aber auch ihre Elasticität (§. 374.), und der Druck, den sie im mehr verdichteten Zustande durch ihre Expansivkraft ausübt, ist eben so groß, als den sie bei derselben Dichtigkeit im Freyen ausüben würde (§. 404.).

§. 412. Der Druck der in einem Gefäße eingeschlossenen und comprimirtten Luft gegen die Wände des Gefäßes, und überhaupt gegen das Hinderniß ihrer Expansion, verhält sich demnach (bei gleicher Wärme) zum Drucke der äußern Luft, wie die Dichtigkeit von jener

jener zur Dichtigkeit von dieser, oder wie die Anzahl der Verdichtungen zur Einheit. Wenn also die Luft in einem Gefäße doppelt so dicht ist, als die äußere, (bey übrigens gleicher Wärme,) so ist es eben so gut, als ob die Luft im Gefäße die Dichtigkeit der äußern Luft hätte, auswendig aber alle Luft weggenommen wäre.

van Swinden positiones physl. T. II. §. 254. ff.

§. 413. Zur bequemen Zusammenpressung der Luft dient die Druckpumpe oder Compressionspumpe. Die Winklersche Druckpumpe vereinigt Einfachheit mit Bequemlichkeit, und ich bediene mich ihrer mit einigen Abänderungen.

Winklers Anfangsgr. der Phys. Leipz. 1794. 8. S. 130. ff.

Eine ähnliche Maschine beschreibt Wolf (Natl. Verh. Th. III. S. 4. ff.)

§. 414. Auf den vermehrten Druck der eingeschlossenen comprimierten Luft gründet sich die Wirkung und Einrichtung

1) des Heronsballes (Pila Heronis) und des *Fonticulus compressionis*.

Muschenbroek a. a. O. §. 2110.

2) Des Heronsbrunnens (*Fonticulus Heronis*).

Muschenbroek a. a. O. §. 2110.

3) Der Windbüchse (*Sclopeta pneumatica*).

Muschenbroek a. a. O. §§. 2111. 2112.

4) Der magischen Tonne.

Barrens Anfangsgr. der Naturwissensch. §. 298.

§. 415. Die Erfahrung lehrt, daß die Räume, zu welchen einerley Masse von Luft bey sich gleich
bleib

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 221

bleibender Temperatur durchs Zusammenpressen gebracht werden kann, sich umgekehrt verhalten, wie die drückenden Kräfte oder Gewichte; und zwar ergeben die Versuche dieses Gesetz, welches das Boyle'sche oder Mariottische Gesetz heißt, so wohl bey der verdichteten als bey der verdünnten atmosphärischen Luft.

Rob. Boyle defence against the objections of Linus. Lond. 1662. 4. (cap. V.).

Mariotte essay de logique. à Paris 1678. S. 678.

§. 416. Um dieses Gesetz für dünnere Luft, als die gewöhnliche atmosphärische ist, zu bestätigen, läßt sich die Erfahrung auf folgende Art anstellen. Es sey AB (Fig. 133.) eine mit Quecksilber gehörig gefüllte, gleich weite, torricellische Röhre, die in dem Gefäße B in Quecksilber vertical steht. Das Quecksilber reiche darin durch den Druck der äußern Luft bis C, und CB sey also die dermalige Barometerhöhe, AC die torricellische leere. Man lasse nun eine Portion dieser Luft, die für sich unter dem dermaligen ganzen Drucke der Luft den Raum AD messen würde, in die Röhre hinauftreten. Der Erfolg wird seyn, daß das Quecksilber in der Röhre nicht bis D, sondern tiefer herabsinken wird, z. B. bis E, und daß folglich die Luft sich von dem Raume AD zu dem Raume AE ausdehnen wird. Die Elasticität dieser dünnern Luft zusammen mit dem Gewichte der Quecksilbersäule EB stehen im Gleichgewichte mit dem Drucke der Atmosphäre oder der gleich geltenden Quecksilbersäule CB; folglich steht auch der eingeschlossene Luft-
raum

raum AE allein im Gleichgewichte mit einer Quecksilberssäule von der Höhe CB weniger der Höhe EB, oder von der Höhe CE. Es kann demnach das Gewicht der äußern Luft, das die verdünnte Luft in AE zusammenbrückt, durch das Gewicht der Quecksilbersäule CE ausgedrückt werden. Wird der Versuch mit der gehörigen Genauigkeit angestellt, so verhalten sich die Räume der Luft AD und AE, wie CB zu CE, oder umgekehrt wie die respectiven auf sie drückenden Gewichte.

Muschenbroek a. a. O. S. 2104. 's Gravesande hat zur Anstellung des Versuchs einen genauen Apparat beschrieben (elem. phys. S. 2102. ff.).

Const läßt sich der Versuch auf eine leichtere Weise auch so anstellen, daß man die Glasröhre zum torricellischen Versuche (S. 379) nur zum Theile mit Quecksilber füllt, und darüber Luft stehen läßt, dann ihre Oeffnung mit dem Finger zuhält, die Röhre umkehrt, die Luft in das andere Ende der Röhre treten läßt, und die Länge des Raumes mißt, den sie einnimmt; hierauf die mit dem Finger geschlossene Oeffnung in das Gefäß mit Quecksilber bringt, den Finger wegzieht und die Höhe merkt, in der das Quecksilber durch den Druck der äußern Luft darin zurückbleibt. Es versteht sich, daß man hierbey allen Einfluß der Wärme auf die eingeschlossene Luft vermeiden muß.

§. 417. Für die verdichtete Luft läßt sich das Gesetz auf folgende Art leichter durch Versuche beweisen. Es sey PONM (Fig. 134.) eine gekrümmte, allenthalben gleich weite gläserne, Röhre, deren Schenkel MN und PO genau parallel laufen; sie sey in M geschlossen, in P aber offen. Es sey etwas Quecksilber in dieselbige geschüttet und fülle den Theil NO derselben an, wodurch nun die Luft in NM dadurch gesperrt ist. Wenn das Quecksilber in N in gleicher Höhe steht mit dem in O, so hat die Luft in NM das Gewicht der Quecksilbersäule zu tragen, welche der

derm

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 283

dermaligen Barometerhöhe = a correspondirt. Man gieße nun mehr Quecksilber in die Röhre PO, z. B. bis zur Höhe X, so wird die Luft im Schenkel MN dadurch stärker zusammengepreßt und z. B. den kleinern Raum MZ einnehmen. Man ziehe die Horizontallinie ZF, so ist klar, daß die in MZ eingeschlossene Luft jetzt das Gewicht der Quecksilbersäule von der dermaligen Barometerhöhe = a und der Quecksilbersäule XF zusammen zu tragen habe. Bei genau angestelltem Versuche aber, und gleich bleibender Temperatur, wird der Raum MZ, den die stärker zusammengebrückte Luft jetzt einnimmt, zu dem Räume MN, den sie vorher einnahm, sich verhalten, wie a zu XF + a ; folglich umgekehrt wie die respectiven auf sie drückenden Gewichte.

Muschenbroek a. a. D. §. 2105.

§. 418. Die Abweichungen, die einige bei ihren Erfahrungen hierüber gefunden haben wollen, kommen auf Rechnung von Fehlern, die bei Anstellung dieser Versuche leicht möglich sind, so wohl in Ansehung der Messung, als besonders des Einflusses der Wärme und Feuchtigkeit.

van Swinden positiones phys. T. II. §. 263.

§. 419. Muschenbroef fand das Mariottische Gesetz bei einer vierfachen, und Winkler bei einer achtfachen Verdichtung der gewöhnlichen Luft noch zutreffend. Wie weit es aber überhaupt bei den möglichen Graden der Verdichtung oder Verdünnung der Luft noch zutreffe, das wissen wir nicht.

Muschen-

• *Muschenbroek a. a. D. §. 2107. Schlers phys. Wörterb. Bd. III. S. 15.*

Wenn Luft ganz ins Innere der Erde dringt und mit der äußern Luft in Communication ist; und wenn das Mariottische Gesetz dafür noch immer geltend bleibt: so müßte diese Luft weiter hinab immer dichter und dichter werden, und endlich das specifische Gewicht des Goldes erlangen und darüber, und zwar schon bey einer Tiefe, die noch nicht den achtzigsten Theil des Radius der Erde betrüge.

§. 420. Es ist nach der Natur der expansibeln Flüssigkeiten wahrscheinlich, daß das Mariottische Gesetz auch bey andern Gasarten Statt finde; wenigstens scheinen einige schon angestellte Versuche dies zu bestätigen.

• *Felix Fontana opusculæ physiques et chimiques. à Paris 1784. 4. S. 126. Herbert diss. de aëre fluidaque ad aëris genus pertinentibus. Vienn. 1773. 8. S. 96. ff.*

§. 421. Da sich die Dichtigkeit einer Materie umgekehrt verhält, wie die Räume, die sie einnimmt (§. 52.), so folgt aus dem Mariottischen Gesetze, daß die Dichtigkeit einer elastischen Flüssigkeit, bey übrigen gleichen Umständen, sich verhalte, wie die auf sie drückenden Kräfte oder Gewichte.

§. 422. Weil ferner die Expansivkraft oder Elasticität einer elastischen Flüssigkeit der sie zusammendrückenden Kraft proportional ist (§. 376.), so muß sie sich auch, bey übrigen gleicher Wärme, verhalten, gerade wie die Dichtigkeit, und umgekehrt wie die Räume, die sie einnimmt.

§. 423. Ein elastisches Fluidum, welches bloß seiner Expansivkraft in der Verbreitung folgte, müßte sich ins Unendliche verbreiten, weil die Ausspannungskraft sich nicht durch sich selbst beschränken kann

G.

(S. 39.); es würde also keine dauernde Atmosphäre um unsere Erde bilden können. Wenn aber das elastische Fluidum zu gleicher Zeit auch schwer ist, so wird durch die Schwerkraft desselben seine Beschränkung möglich, indem die Schwerkraft seiner Theile mit der Entfernung von der Erde in einem weit geringern Verhältnisse als die Expansivkraft bey seiner Verbreitung abnimmt. Jene nimmt nämlich im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde ab, diese hingegen nimmt ab im Verhältnisse des Cubus dieser Entfernung; und so muß endlich die Expansivkraft mit der Schwerkraft ins Gleichgewicht kommen und durch diese beschränkt werden.

Es bilde ein schweres elastisches Fluidum eine Sphäre ABDE (Fig. 135.) i ihr Radius sey AC, und C der Punkt, gegen welchen die Schwerkraft gerichtet ist. Diese Sphäre breite sich zu der größern FGHI aus, deren Radius $FC = 2AC$ ist. Das elastische Fluidum wird nun einen Raum einnehmen, der 8mal größer ist, als der vorige; denn der Raum umschließt der Kugeln ist den Cubus ihrer Halbmesser gleich. Es ist also der Rauminhalt der Sphäre FGHI zu dem der Sphäre ABDE, wie $FC^3 : AC^3 = 2^3 : 1^3 = 8 : 1$. Weil sich nun die Expansivkraft des elastischen Fluidums umgekehrt verhält, wie der Raum, zu welchem es sich ausbreitet (S. 422.), so muß die Expansivkraft eines Theils desselben an der Grenze der Sphäre F 8mal kleiner seyn, als an der Grenze der vorigen Sphäre A. Die Schwerkraft nimmt hingegen nur ab, wie das Quadrat der Entfernungen von C, und es muß daher dieselbe in einem Theile des Fluidums an der Grenze der Sphäre F gegen die Schwerkraft desselben an der Grenze der Sphäre A nur vermindert seyn in dem Verhältnisse von $FC^2 : AC^2 = 2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Die Untersuchung und nähere Bestimmung über die Abnahme der Dichtigkeit der Schichten der Atmosphäre unserer Erde mit der Zunahme der Höhen nach dem Mariottischen Gesetze, und die darauf gearündete Methode, die Höhen der Berge durch Barometer zu messen, können hier noch nicht vorgetragen werden, sondern finden am besten den Platz in der Folge bey der speciellen Betrachtung der Atmosphäre unserer Erde.

§. 424. Die Wirkungen des Druckes der Luft durch ihr Gewicht und ihre Elasticität hat man besonders erst durch die **Luftpumpe** (*Antlia pneumatica*) kennen gelernt. Sie ist die Erfindung eines Deutschen, des **Magdeburgischen Burgemeisters Otto von Guericke**. Er stellte seine, nach der damaligen Zeit sehr merkwürdige, Versuche zuerst im Jahre 1654 öffentlich zu Regensburg, in Gegenwart des Kaisers **Ferdinands des Dritten** und mehrerer deutschen Reichsfürsten an. **Caspar Schott** machte diese Versuche zuerst bekannt. Aus seiner Schrift lernte sie **Robert Boyle**, der nachher diese Erfindung mit einigen Veränderungen noch mehr verbreitete.

Casp. Schotti ars mechanico - hydraulico - pneumatica. Herbig. 1657. 4. Otton. de Guericke experimenta nova, ut vocantur, magdeburgica, de vacuo spatio. Amstelæd. 1672. 8. fol. Rob. Boyle nova experimenta physico-mechanica de vi aëris elastica et eiusdem effectibus; ex angl. transl. Genev. 1680.; in finem operibus.

§. 425. Das Wesentliche der Luftpumpe besteht aus einem hinlänglich starken metallenen Cylinder oder dem Stiefel, der inwendig so genau als möglich vorgeleich weitem Durchmesser ist, und in welchem ein genau passender **Stempel** (*Embolus*) bequem auf- und niedergeschoben werden kann. In den Boden des Stiefels tritt eine Röhre, welche durch einen **Teller** geht, auf welchen man den **Recipienten** oder das Gefäß aufsetzt, aus welchem die Luft **ausgepumpe** werden soll.

§. 426. Wenn der Stempel von dem Boden des Stiefels in die Höhe gezogen wird, so tritt die
Luft

Luft unter dem Recipienten, der auf den Teller der Luftpumpe genau anschließen muß, wegen ihrer Elasticität durch die Röhre in den Stiefel, und die Luft wird also unter dem Recipienten verdünnt. Beim Zurückstoßen des Stempels in den Stiefel darf nun die Luft nicht wieder unter den Recipienten treten, sondern es muß die Einrichtung getroffen seyn, daß die Luft einen andern Ausgang finden kann. Ist dies geschehen und wird der Stempel von neuem in die Höhe gezogen, so wird die Luft unter dem Recipienten abermals wieder in den Stiefel treten, und solcher Gestalt bei wiederholter Arbeit immer mehr und mehr verdünnt werden. Je größer der Raum des Cylinders in Vergleichung mit dem Recipienten ist, desto stärker und schneller geschieht auch die Verdünnung.

§. 427. Um beim Zurückstoßen des Stempels die in den Stiefel getretene Luft zu nöthigen, einen andern Ausweg zu finden, und zu verhindern, daß sie nicht wieder in den Recipienten zurücktreten kann, dient entweder ein Zahn in der den Stiefel mit dem Teller verbindenden Röhre, der auf eine doppelte Art durchbohrt ist, und hiernach beim Heraufziehen und Herunterstoßen des Stempels jedesmal gedreht werden muß, oder es sind Ventile angebracht, eines im Boden des Stiefels, und eines in dem Stempel, die sich beide aufwärts öffnen. Bei den Luftpumpen mit einem Hahne ist der Stiefel gewöhnlich und wegen der mehrern Bequemlichkeit liegend, entweder ganz horizontal, oder schief gegen den Horizont; bei denen mit

mit Ventilen ist er stehend, und sie heißen deswegen auch wohl *verticale Luftpumpen*. Man hat diese auch mit zwey Cylindern, die sich in der gemeinschaftlichen Röhre des Tellers endigen und zum schnellern Auspumpen sehr bequem sind. Sonst sind bey allen diesen Luftpumpen mancherley Vorrichtungen angebracht worden, den Stempel in dem Cylinder bequemer auf- und niederzubewegen. Um übrigens in den Raum unter dem Recipienten auf dem Teller wieder bequem Luft lassen zu können, muß die Verbindungsrohre zwischen dem Stiefel und dem Teller mit einem Hahne oder Wirtel versehen seyn.

§. 428. Seit der Erfindung der Luftpumpe durch Otto von Guericke und ihrer ersten Verbesserung durch Rob. Boyle ist man häufig bemüht gewesen, dem Werkzeuge theils mehrere Vollkommenheit, theils mehrere Bequemlichkeit zu geben. Diese Bemühungen haben aber auch zum Theile das Instrument complicirt gemacht. Auf die Verschiedenheit der Einrichtung des dabey angewendeten Mechanismus gründeten sich verschiedene Arten der Luftpumpen, wovon ich hier nur die gewöhnlichern und die neuern nenne:

1) *Senguerds Luftpumpe*. Sie ist mit einem Hahne und schief liegend oder horizontal, und die gezähnte Stempelftange wird vermittelst eines Kreuzhaspels aus- und eingewunden.

Wolfs nützliche Verf. Th. I. S. 112. ff.

2

Phänomene schwerer expansibler Flüssigkeiten. 289

2) Hawksbee's Luftpumpe. Sie ist mit doppelten, stehenden, Stiefeln und mit Ventilen. Die bezahnten Kolbenstangen werden durch ein Stirnrad mittelst einer Kurbel auf- und niedergedrückt.

Acta eruditorum. Supplm. V. S. 493.

Hawksbee expériences physico-mécaniques, trad. de l'Angl. à Paris 1754. 2 Vol. 8.

3) Leupolds Luftpumpe. Sie ist von der vorigen dadurch unterschieden, daß die Kolbenstangen an einer Art Waagebalken durch einen doppelarmigen Hebel auf- und niedergedrückt werden.

Acta eruditor. 1713. S. 95. Leupolds deutliche Beschreibung der so genannten Luftpumpe. Lemg. 1707. 4. Erste Fortsetzung. 1711. 4.

4) Nollets einfache und doppelte Luftpumpe. Sie haben die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmal in die rechte Stellung versetzt.

Nollet, in den Mém. de l'acad. roy. des sc. 1740. S. 385. und 567.; 1741. S. 334.; uq. in den Leçons de Phys. expériment. T. III. Lec. X. Karstens Lehrbegriff der ges. Mathematik, Th. VI. S. 432. ff.

Gravesandes einfache und doppelte Luftpumpe sind im Wesentlichen den Nolletschen ähnlich, nur mehr zusammengeleget.

Joh. von Müschenbroeck Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe, in d. Franz. übers. von M. Joh. Christoph Thenn. Augsb. 1765. 8. Karstens Lehrbegr. Th. VI. S. 439. ff.

5) Smeatons Luftpumpe, mit Ventilen, und so eingerichtet, daß sie auch zum Zusammendrücken der Luft angewendet werden kann.

A Letter from M. J. Smeaton, concerning some improvements made by himself in the air-pump; in den philos. transact. Vol. XLVII. S. 415 ff. Karstens Lehrbegriff der Mathem. Th. VI. S. 443. ff. Ebenderselben Anfangsgr. der Naturk. 4. 232. ff.

Einige Verbesserungen dieser Luftpumpe hat Hr. Leiste angegeben. (Beschreibung einer neuen Luftpumpe. Wolsfenbüttel 1773. 4.)

Die Emcatonsche Luftpumpe, mit den von Clairre und Wiant angebrachten Verbesserungen, beschreibt Hr. Lichtenberg. (Erlebens Anfangsgr. der Naturlehre, 4te und 5te Aufl. nach der Vorrede.)

6) Luthbersons Luftpumpe ohne Hähne und Ventile, mit Stöpseln und Oehllaben.

Beschreibung einer verbesserten Luftpumpe, von Joh Luthberson, a. d. Engl. Mannheim 1788. 8.

7) Schraders Luftpumpe, mit metallenen Resgelventilen.

Beschreibung einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Hensb. und Leipz. 1791. 8. / und in Grens Journ. d. Phys. B. III. S. 357. ff.

Als eigenthümliche Arten der Luftpumpen sind folgende anzusehen:

8) Baaders Luftpumpen mit Quecksilber.

a) Physicales Taggbuch, von Lüdner. I. Jahrg. 1784. S. 650.

b) Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 306. ff.

9) Hindenburgs Luftpumpe mit Quecksilber.

Antliae novae hydraulico - pneumaticae mechanismus et descriptio, auct. C. F. Hindenburg. Lips. 1787. 4.

§. 429. Zu den Erfordernissen einer guten Luftpumpe gehört: daß sie die Luft so viel als möglich verdünne; daß dies schnell genug geschehe; daß sie zur Anstellung der nöthigen Anzahl von Versuchen geschickt und von einfacher Construction sey; und daß sie keinen zu großen Aufwand von Kräften bey der Bewegung der Stempel erfordere.

Eine Vergleichung der mehresten der (§. 428.) angeführten Luftpumpen nach diesen Erfordernissen, sehe man bey van Swinden polit. phys. T. II. S. 143. ff.

§. 430.

§. 430. Zu den Recipienten bey der Luftpumpe bedient man sich in den mehresten Fällen gläserner Glocken von hinlänglicher Stärke, deren Gewölbe der äußern Luft widersteht, wenn der Druck derselben durch die Verdünnung der Luft unter der Glocke einseitig wird. Um das Eindringen der äußern Luft zwischen dem Rande der Glocke und dem Teller zu verhüten, dient ein naß gemachtes Leder, in dessen Mitte ein Loch für die Oeffnung im Teller ist. Der Rand der Glocke muß recht eben und glatt geschliffen seyn. Man drückt sie anfangs etwas auf den Teller auf, bis sie hernach bey weiterm Fortpumpen durch den Druck der Atmosphäre fest genug anschließt. Wo aber die Feuchtigkeit des Leders schädlich seyn könnte, bedient man sich eines guten Küttes. Sonst verbindet man auch andere Gefäße, aus denen man die Luft auspumpen will, durch Zapfen mit Schraubennuttern, die in den Schraubengang der Verbindungsrohre des Tellers genau passen, und bringt auch noch mit Oehl getränktes Leder dazwischen. Um diese Gefäße mit der verdünnten Luft von der Luftpumpe abzunehmen, dient ein genau schließender Hahn in dem Zapfen.

Von der nöthigen Einrichtung des Recipienten, um verschiedene Bewegungen darunter vornehmen zu können, s. *Gravesande elem. phys. §. 2476 — 2484.*

§. 431. Durch die Luftpumpe kann man keinen vollkommen luftleeren oder torricellischen Raum (§. 379.) hervorbringen, sondern eigentlich nur eine starke Verdünnung der Luft. Die Dichtigkeit der Luft

unter dem Recipienten nimmt in geometrischer Progression beim gleichförmigen Auspumpen ab. Bei gleich großen Zügen verhält sich ihre Dichtigkeit vor jedem Zuge zur Dichtigkeit nach jedem Zuge wie der Raum, in den sie sich nach dem Zuge ausbreitet, zu dem Raume, in dem sie vor dem Zuge eingeschlossen war.

§. 432. Die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten der Luftpumpe, oder eigentlich die Elasticität der darunter befindlichen expansibeln Flüssigkeit, was oft Wasserdampf ist, beurtheilt man durch Elastosometer. Dahin gehört: 1.) eine Barometerröhre, die mit ihrem obern offenen Ende durch den Keller der Luftpumpe luftdicht tritt und solcher Gestalt mit dem Raume des darauf stehenden Recipienten in Gemeinschaft ist, deren unteres offenes Ende aber in einem hinlänglich weiten Gefäße mit Quecksilber steht, von dessen Oberfläche an eine genau eingetheilte Scale angebracht, und woran die Barometerröhre selbst befestigt ist. Wenn nun die Luft unter dem Recipienten verdünnt wird, so wird sie es auch in dieser Barometerröhre, und der Druck der äußern Luft treibt das Quecksilber darin in die Höhe. Aus der Höhe des Quecksilbers darin, abgezogen von der dormaligen Barometerhöhe, ergiebt sich das Verhältniß der Elasticität des elastischen Fluidums unter dem Recipienten. Dieser Elasticitätszeiger scheint vor andern deshalb Vorzüge zu haben, weil dadurch gleich vom Anfange an die Grade der Verdünnung der Luft beurtheilt werden können, und die Luft, die sich etwa aus dem Quecksilber ent-

entwickelt, hierbei nicht nachtheilig wird. Wenn das obere Ende der Barometerröhre zur Seite gekrümmt nicht in den Teller, sondern in dessen Communicationsröhre tritt, so ist es noch vortheilhafter, und auch da zu brauchen, wo man auf die Röhre die Gefäße, worin die Luft verdünnt werden soll, aufschraubt.

's Gravesande a. a. O. t. 217.

§. 433. 2) Die gewöhnliche Barometerprobe, eine kurze, mit Quecksilber gefüllte, oben geschlossene, unten offene, Glasröhre, die mit ihrem untern Ende in einem Glase mit Quecksilber steht und mit einer Scale versehen ist. Das Quecksilber fängt erst an, darin zu fallen, wenn die Luft unter dem Recipienten bis zu einem gewissen Grade der Verdünnung gekommen ist. Die Höhe des darin zurückbleibenden Quecksilbers wird als Maassstab für die Elasticität angesehen. Wenn aber auch das Quecksilber in dieser Röhre ausgekocht worden ist, so vermischt es sich doch bei seinem Fallen nachher mit dem Quecksilber des Gefäßes, wodurch beim folgenden Gebrauche das Quecksilber darin wieder lufthaltig ist, und so die Probe unrichtig macht.

§. 434. Besser ist daher 3) die heberförmige Barometerprobe, oder ein abgekürztes heberförmiges Barometer, welches ausgekochtes Quecksilber enthält. Man beurtheilt hier ebenfalls die Elasticität des Fluidums unter dem Recipienten aus der Höhe der Quecksilbersäule in dem geschlossenen Schenkel über dem Niveau des Quecksilbers in dem offenen Schenkel.

§. 435. 4) Smeatons Elasticitätszeiger. In einer heberförmigen, gläsernen, gleich weiten Röhre CBAG (Fig. 136.), deren kürzerer Schenkel geschlossen, und deren längerer bey G offen ist, befindet sich Quecksilber, z. B. von I bis D, und der Theil CD enthält Luft. Wird nun die Luft im Raume des Recipienten, worin sich der Elasticitätszeiger befindet, verdünnt, so dehnt sich die Luft in CD durch ihre Elasticität aus, und das Quecksilber steigt im längern Schenkel, bis Gleichgewicht da ist.

In Folge des Mariottischen Gesetzes läßt sich die Verdünnung der Luft aus der Höhe des Quecksilbers in diesem Elasticitätszeiger nach van Swinden auf folgende Weise beurtheilen. Es sey das Quecksilber im kürzern Schenkel von D bis B herabgedrückt; es sey $CD = a$; b sey die dermalige Barometerhöhe; $IE = c$ sey die Höhe des Quecksilbers über dem vorigen Niveau, oder über dem Anfange der Scala, und gleich DB; x zeige an, wie vielmal die Luft im Recipienten dünner sey: so ist $x = \frac{b(a + c)}{ba - c(a + c)}$.

van Swinden pol. phys. T. II. S. 153.

§. 436. Alle diese Proben zeigen eigentlich an, wie vielmal minder elastisch die expansibele Flüssigkeit unter dem Recipienten sey, als die Luft, die vor dem Auspumpen darunter war; aber sie geben keinesweges die Verdünnung der noch übrigen atmosphärischen Luft an, außer wenn man annehmen dürfte, daß sich gar kein anderes elastisches Fluidum darunter gebildet hätte. Dies ist aber nicht der Fall, sondern es erzeugt sich Dampf aus der Feuchtigkeit, dem Oehle, u. dergl., der als elastisches Fluidum die Elasticitätsmesser afficirt und macht, daß sie einen geringern Grad der Verdünnung der Luft angeben, als diese wirklich erlit-

ten

sen hat, und als sie angegeben würden, wenn sich kein Dunst gebildet hätte. ¶

§. 437. Um die wirkliche Verdünnung der Luft unter dem Recipienten zu erfahren, braucht man die Smeatonische, so genährte, Birnprobe, ein gläsernes, birnförmiges Gefäß, das unten offen ist und sich oben in eine genau cylindrische Röhre endigt, deren Inhalt einen genau bestimmten aliquoten Theil des ganzen Inhaltes des Gefäßes ausmacht und wiederum in kleinere Abtheilungen getheilt ist. Man hängt die leere Probe an einen beweglichen Stift, der durch eine Lederbüchse in dem Gewölbe des Recipienten geht und dadurch herauf- und herabbewegt werden kann, unter den Recipienten über einem Gefäße mit Quecksilber auf, pumpt die Luft so stark als möglich aus dem Recipienten aus, drückt dann die Birnprobe mit ihrer offenen Mündung in das Quecksilber tief genug hinab, und läßt nun wieder die äußere Luft unter den Recipienten treten. Jetzt drückt diese das Quecksilber in den Raum der Birnprobe hinauf, zugleich wird der Dunst, der den Elasticitätsmesser (§. 436.) afficirte, hierben durch diesen Druck zersezt, und es bleibt bloß die Luft übrig. Der Raum dieser oben in der Röhre der Birnprobe übrig bleibenden Luft, verglichen mit dem Raume des ganzen Gefäßes, zeigt an, wie vielmal die Luft unter dem Recipienten wirklich dünner gewesen sey. Aber es ist hierben wohl zu erinnern: daß, wenn die Birnprobe den wirklichen Grad der Verdünnung der Luft anzeigen soll, es unumgänglich nothwendig ist, daß das Quecksilber

silber außerhalb der Birnprobe in dem Gefäße, woein man sie taucht, nicht niedriger stehe, als inwendig, sondern in gleichem Niveau damit sey, sonst wird die Luft in der Birnprobe nicht die Dichtigkeit haben (§. 416.), die sie der Voraussetzung zu Folge haben müßte; daß ferner die zurückbleibende Luft in der Birnprobe einerley Temperatur habe mit der vor der Verdünnung; und endlich, daß aus dem Quecksilber selbst sich keine Luft während des Anfüllens der Birnprobe entwickle. Um das letztere zu verhüten, muß man sich solches Quecksilbers bedienen, das man kurz vorher ausgekocht hat. Unter Beobachtung dieser Regeln lassen sich denn auch, wie Herr Schmidt gezeigt hat, die Einwürfe heben, die Broof gegen die Richtigkeit dieser Probe gemacht hat.

Wenn man die Birnprobe nicht ganz so tief in Quecksilber eintauchen kann, als es inwendig steht, so müßte man durch Rechnung nach dem Mariottischen Gesetze zu bestimmen suchen, wie groß der Raum x der darin befindlichen Luft unter dem ganzen Drucke der Atmosphäre oder der dermaligen Barometerhöhe b seyn würde gegen den Raum a , den sie jetzt in der Probe einnimmt, da von dem ganzen Drucke der Atmosphäre auf sie noch der Gegenbruck abgeht, den die perpendiculäre Höhe c des Quecksilbers darin über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße verursacht. Es ist nämlich, (nach §. 416.),

$$x : a = b - c : b; \text{ daher ist}$$

$$x = \frac{a(b - c)}{b}.$$

Job. Broofs vermischte Erfahrungen über die Electricität, die Luftpumpe und das Barometer, a. d. Engl. mit Zusätzen und Anmerkungen von D. Kühn. Leipzig 1790. 2. Ueber die von Hrn. Broof entdeckte Eigenschaft der Emeatonischen Birnprobe und die Mittel, sie zu vermeiden, vom Herrn Prof. Schmidt; in Grens neuem Journ. der Physik, B. III. S. 150. ff.

§. 438. Der elastische Dunst von Feuchtigkeit, der sich im Raume des Recipienten bey der Verdünnung

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 297

nung der Luft zeigt, ist übrigens allerdings ein Mittel, die Luft noch mehr zu verdünnen, als ohne denselben geschehen würde, weil mit seiner fortwährenden Ausziehung auch immer zugleich noch rückständige Luft ausgezogen wird; woraus sich denn auch leicht der Unterschied der Angaben der Birnprobe von denen der Barometerprobe erklären läßt.

§. 439. Mit den wohleingerichteten Luftpumpen lassen sich nun durch Versuche die vorher angeführten Sätze von der Elasticität und dem Drucke der Luft leicht beweisen und anschaulich machen, und andere Versuche anstellen, die zum Beweise verschiedener noch vorzutragender Sätze dienen.

Versuche hierzu:

Das Quecksilber sinkt im Barometer bey der Verdünnung der Luft, die auf das Quecksilber drückt, und steigt wieder durch Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Das Quecksilber steigt in einer Röhre, die oben offen und mit dem Raume des Recipienten in Verbindung ist, und fällt wieder bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Eine Glasplatte wird sogleich vom Drucke der Luft zersprengt.

Eine Blase, die über einen metallenen Cylinder gespannt ist, wird durch den Druck der äußern Luft mit einem starken Knalle zersprengt und auch Wasser durch dieselbe getrieben.

Zwey mägdeburgische Halbkugeln von 4 Zoll Durchmesser hängen durch einen Druck der Atmosphäre stark zusammen.

Eine schlaffe, fest gebundene Blase mit atmosphärischer Luft, schwellt im Quecksilberischen Raume stark auf und fällt, wie es der durchs Hinzulassen der äußern Luft zusammen.

Der Heronsball springt durch die Elasticität der eingeschlossnen atmosphärischen Luft.

Aus einem Gefäße mit enger Mündung, die im Wasser steht, tritt die Luft beym Auspumpen hervor und die äußere hinzugelassene Luft treibt nachher das Wasser in das Gefäß hinein.

Ein Heber hört in der verdünnten Luft zu laufen auf.

Läucherschen, die im Wasser an offener Luft sinken, schwimmen bey verdünnter Luft.

Unter

Unter dem Recipienten steht, bey starker Verdünnung der Luft nur mäßig erwärmtes Wasser.

Kaltes Wasser wird im Quecksilberischen Raume zum elastischen, vollkommen durchsichtigen Dampfe, der sich bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft niederschlägt. Bey der Bildung dieses Dampfes erzeugt sich Kälte, bey dem Niederschlagen Wärme, wie ein empfindliches Luftthermometer beweiset.

* * *

Bier, Milch, Seifenwasser, Sanerteig, gehen unter der Luftpumpe eine große Menge von Luftblasen von sich.

Holz, das durch etwas angehängtes Blei im Wasser zum Sinken gebracht ist, giebt bey der Verdünnung der Luft eine große Menge Luftblasen von sich und kommt im Wasser zum Schwimmen.

Holz, das von Luft leer gemacht ist, sinkt im Wasser unter.

Warmblätige Thiere sterben schnell in der verdünnten Luft unter der Glocke der Luftpumpe.

Eine brennende Kerze verlöscht in der verdünnten Luft.

Bey der Verdünnung der Luft vermindert sich der Schall eines Schlagwerkes darin und verschwindet beynahe ganz.

§. 440. Man pumpe aus einem schließlichen Gefäße die darin enthaltene Luft so rein als möglich aus, und hänge dasselbe, nachdem es vor dem Abnehmen von der Luftpumpe durch einen Hahn genau verschlossen worden ist, an eine empfindliche Waage. Man bringe es ins genaue Gleichgewicht, öffne den Hahn und lasse die äußere Luft hineintreten, so wird es nun einen Ausschlag geben; und die zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nöthigen Gegengewichte werden ungefähr angeben, wie viel die Luft wiegt, die in den Raum der Kugel geht. Da aber die Dichtigkeit der Luft durch die Wärme vermindert und durch die Kälte vermehrt wird; da sie ferner nicht stets in einem zusammengepresstem Zustande in der Atmosphäre ist, wie das Barometer lehrt; und da der in der Luft

be-

beständige Wasserdunst nicht immer sich gleich bleibt: so sieht man leicht, daß man bei Bestimmung des Gewichts von einem bestimmten Raume von Luft hierauf Rücksicht nehmen muß. Die Angaben über das spezifische Gewicht der Luft gegen das Wasser sind aus eben diesem Grunde auch sehr verschieden.

Die Kugel, deren ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist aus der Verlässlichkeit des sel. Hofraths Karsten. Sie faßt nahe 119½ rheinl. Decimaleubikzoll, und die Luft wiegt, wenn sie nicht sehr feucht ist und die Temperatur von 65° Fahr. hat, bei der Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien parisi., 73½ Gran Medicinalgewicht; folglich wiegt ein rheinl. Decimaleubikzoll Luft $\frac{1}{17}$ oder 0,615 Gran. Da nun ein Decimaleubikzoll Wasser bei dieser Temperatur 492,229 Gran wiegt (§. 353.), so verhält sich das eigenthümliche Gewicht des Wassers zu dem der Luft wie 492229 : 615 oder nahe 800 : 1. Wenn man das eigenthümliche Gewicht des Wassers zur Einheit annimmt, so ist das der Luft 0,0012. — Ein rheinl. Cubikfuß Luft wiegt solcher Gestalt 615,062 Gran im Medicinalgewichte.

Nach Schurburgh (*philos. transact.* Vol. LXVII. S. 457.) ist das eigenthümliche Gewicht der Luft bei 29,27 Zoll engl. (27 Z. 5,6 L. parisi.) und 10° R. 840 mal kleiner, als das des reinen Wassers von eben dieser Temperatur.

Herr Schmidt fand nach einer Mittelzahl von mehrern Versuchen die Luft von 15° — 16½° R. und 28 Z. 17½ L. — 27 Z. 11,3 L. Barom. 838 mal leichter, als Wasser. (S. dessen Sammlung phys. mathem. Abh. B. I. S. 114.)

§. 441. Weil aber bei diesen Versuchen die Luft nie ganz aus der Kugel ausgepumpt werden kann, so erfährt man eigentlich nur, wie viel die Luft wiegt, die in die Kugel dringt, nicht das Gewicht des ganzen innern Luftraums der Kugel, und man muß, um genau zu verfahren, bestimmen, wie viel Luft noch in der Kugel geblieben ist. Man kann zu dem Ende erst die luftvolle Kugel an der Waage genau wiegen, hierauf die Luft daraus so stark als möglich auspumpen, bei verschlossenem Hahne wider wiegen, und so das

Ge

Gewicht der ausgezogenen Luft finden, worauf man unter ausgekochtem Wasser den Hahn öffnet, das Wasser hineintreten läßt und durch Umkehrung der Kugel die darin noch übrige Luft in ein Gefäß mit Wasser leitet, worin man sie genau bei bestimmter Temperatur messen kann. Der Raum dieser Luft, abgezogen vom innern Raumesinhalte der Kugel, giebt im Reste den Raum der Luft an, die man gewogen hat. Dieses Verfahren ist sicherer, als aus der Vergleichung der Gewichte der ausgepumpten Luft und des nachher in die Kugel getretenen Wassers unmittelbar das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte zu finden.

Noch bleibt allerdings ein Fehler wegen des Gewichts des in der ausgepumpten Kugel befindlichen Dampfes; er kann aber nur unbedeutend seyn.

§. 442. Auf eine ähnliche Weise läßt sich auch das Gewicht anderer Luftarten bei einem bestimmten Volum erfahren, und so das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte unter einander so wohl, als gegen das Wasser bestimmen.

S. oben S. 253.

§. 443. Da die Luft, wie jeder flüssige Körper, nach allen Seiten zu drückt, so muß jeder darin befindliche Körper, wie beim Abwägen im Wasser, nicht mit seinem absoluten Gewichte sinken, sondern so viel davon verlieren, als die Luft wiegt, die mit ihm einen Raum erfüllt, und ein und eben derselbe Körper muß aus eben diesem Grunde in der Luft schwerer werden, oder eigentlich, sein respectives Gewicht (§. 332.) muß zunehmen, wenn er in einen engeren

Phänomene schwerer expansibeler Flüssigkeiten. 301

engern Raum zusammengedrängt wird, wie auch die Erfahrung lehrt. Eben so muß auch die Fallhöhe der schweren Körper in der Luft anders seyn, als im leeren Mittel (§. 216.).

Ein ausgedehnter und aufgelockerter Federfaden ist leichter, als wenn er enge zusammengeknüpft ist.

Hierher gehören auch die Erscheinungen des Pulshammers.

§. 444. Da ferner ein und eben derselbige feste Körper, in einer Flüssigkeit abgewogen, um desto weniger von seinem absoluten Gewichte verliert, oder ein desto größeres respectives Gewicht behält, je geringer das specifische Gewicht der Flüssigkeit wird, (§. 336.), so müssen einerlen Körper, in Luft von verschiedener Dichtigkeit gewogen, ungleich viel wiegen.

§. 445. Hierauf gründet sich das Guerik'sche Manometer (Manometrum, Dasymetrum). Es wird nämlich an einen empfindlichen Waagebalken eine hinlänglich große, hohle, aber luftdicht verschlossene, metallene, oder besser, gläserne Kugel aufgehängt, und durch ein massives Gewicht von Blei, das gegen die Kugel einen viel kleinern Raum einnimmt, ins Gleichgewicht gebracht. Wenn sich nun die Dichtigkeit der Luft ändert, so müssen beide ungleich viel von ihrem absoluten Gewichte verlieren: und zwar, wenn die Luft dichter wird, so giebt das Gegengewicht den Ausschlag; wird sie aber dünner, so sinkt die Kugel. Herr Jouchy und Herpin haben eine Verbesserung dieses sehr brauchbaren Werkzeugs angegeben, und letzterer hat zugleich die Anwen-

wendung desselben bey Höhenmessungen mit dem Barometer gezeigt.

Ottom. de Guerike exper. nov. S. 114. Beschreibung eines Psychrometers, oder eines Werkzeugs, um die Dichtigkeit jeder Luftschicht zu messen, von Hrn. de Somby; übersetzt in Lichtenbergs Magaz. f. das Neueste aus der Physik. B. III. St. 4. S. 93. ff. Gersdorsers Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmessungen; in den Beob. auf einer Reise nach dem Riesengebirge. Dresd. 1791. 2. S. 271., und in Grans Journ. der Physik. B. IV. 172.

§. 446. Dieses Werkzeug läßt sich auch gebrauchen, um das absolute Gewicht eines bestimmten Raumesinhalts der Luft, und also ihr eigenthümliches Gewicht, unter verschiedenen Umständen derselben, auf eine sehr einfache Weise zu erfahren.

Es sey eine hinlänglich große Kugel von dünnem Glase, die luftdicht verschlossen, am besten zugeschmolzen ist, und deren ganzer Raumesinhalt V heiße, an einer dazu eingerichteten, empfindlichen Waage, bey einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Barometerstande der Luft, mit einem massiven metallenen Gegengewichte von Blei, dessen ganzer Raumesinhalt v ist, ins genaue Gleichgewicht gesetzt. Der Lu'traum, welcher manometrisch das Werkzeug afficirt, ist $V - v = a$, was man durch genaue Ausmessung der beyden Körper, am besten durch Wasserwägen (S. 357.) bestimmt, und in bekannten Maassen, z. B. paris. Cubitzollen, ausgedrückt, ein für allemal merkt. Man sucht ferner das absolute Gewicht P eines Luftvolums a in bekannten Gewichtstheilen, bey eben derselben Temperatur und demselben Barometerstande, nach der vorher (S. 441.) angegebenen Methode, und merkt dieses Gewicht ein für allemal, so hat man $\frac{P}{a}$, oder das eigenthümliche Gewicht für atmosphärische Luft von bestimmter Temperatur und Zusammenbrückung. Wenn sich nun die Beschaffenheit der Luft ändert und ihr eigenthümliches Gewicht zu, oder abnimmt, so wird das Gleichgewicht gestört, und man muß im erstern Falle Gewichtstheile zur Kugel, im andern Falle zum Gegengewichte legen, um das Gleichgewicht herzustellen. Die Summe dieser Gewichtstheile heiße p , und es ist demnach das absolute Gewicht des Luftvolums a bey vermehrter Dichtigkeit $P + p$, bey verminderter Dichtigkeit aber $P - p$ geworden, und man ändert das jetzt veränderte eigenthümliche Gewicht durch $\frac{P + p}{a}$ oder $\frac{P - p}{a}$, weil

Phänomene schwerer unspanfester Flüssigkeiten. 303

a sich immer gleich bleibt, (S. 437). Wenn die Luft noch einmal so dicht würde, als sie bei der Bestimmung des P und bei Regulirung des Werkzeuges war, so würde $p = P$ oder $P + p$ würde aP werden, im leeren Raume aber wäre $P - p = 0$.

Man hängt die Kugel und das massive Gegengewicht nicht unmittelbar an den Waagebalken, sondern an kleine, gleich große und gleich schwere Waagschalen, die an Haken hängen, wie bei der gewöhnlichen hydrostatischen Waage; diese Waagschälchen dienen zur Aufnahme der Gewichte p . Diese Gewichte nehmen übrigens zwar selbst Raum ein; er ist aber, als sehr unbedeutend gegen a , wohl ohne merklichen Fehler aus der Rechnung lassen: sonst kann man ihn auch aus dem einmal bekannten eigenthümlichen Gewichte ihrer Materie leicht berechnen.

Siebentes Hauptstück.

Schwingungsbewegungen schallender und klingender Körper.

§. 447.

Das Anschlagen an feste, gespannte, mit Schnellkraft oder Federkraft begabte Körper, das Streichen gespannter Saiten, das schnelle und plötzliche Hervorbrechen elastischer Flüssigkeiten aus engen Mündungen fester Körper, wie z. B. bei der Entzündung des Schießpulvers in Schießgewehren, bei der Entzündung der Knallluft in der electrischen Pistole, sind für uns mit einer Wirkung begleitet, die wir nach einem generischen Ausdrucke **Schall** nennen.

§. 448. Wenn die Veränderung des Zustandes des schallenden Körpers in unserm Gehörorgan die Empfindung bewirken soll, so muß es nothwendig ein Medium geben, durch welches diese Veränderung die Gehörwerkzeuge afficirt, und dies ist gemeinhin die Luft, ohne welche um den schallenden Körper herum für uns kein Schall da seyn würde, vorausgesetzt, daß kein anderes dazu fähiges Medium den Schall zu unsern Gehörwerkzeugen fortpflanzt.

§. 449. Wir müssen also bei der Darstellung der Lehre vom Schalle Rücksicht nehmen: 1) auf den ursprünglich den Schall erregenden Körper (Corpus sonoro-

sonorum) und 2) auf das den Schall bis zu unserm Gehöre fortpflanzende Mittel.

§. 450. Um den Zustand, worin die ursprünglich schallenden Körper während des Schallens sich befinden, gehörig beurtheilen zu können, wollen wir eine gespannte Saite als Beispiel wählen. Soll sie fähig seyn, Schall (Klang) zu erregen, so muß sie einen gewissen Grad der Spannung haben. Wird die gespannte Saite, wie z. B. an der Harfe, aus der geraden Linie, in der sie im Zustande der Ruhe ist, durch Druck daran gebogen, so kommt sie offenbar in Bewegung, wenn der Druck des Fingers, der sie bog, wieder wegfällt, und zugleich entsteht nun auf unser Gehörorgan die Wirkung, die wir Klang nennen. Der Grund der Bewegung der klingenden Saite ist ihre Contractilität oder Schnellkraft. Wird nämlich die gespannte Saite aus der geraden Linie gedrückt, so wird sie ja dadurch gedehnt; ihre gedehnten Theile suchen sich wieder so viel als möglich zu nähern, und sie strebt also, sich wieder in die Gestalt ihrer kürzesten Länge, d. i. in die gerade Linie, zu versetzen. Da sie aber, wenn sie in diese Lage gekommen ist, eine determinirte Geschwindigkeit erlangt hat, (indem die Contractilität als stetige Kraft, obwohl als veränderliche Größe, wirksam ist,) so bleibt sie in der geraden Richtung nicht ruhen, sondern beugt sich auf die entgegengesetzte Seite, von da wieder zurück, u. s. f., bis endlich diese Beugungen durch den Widerstand der Luft immer kleiner und kleiner werden, und so die Saite wieder in Ruhe kommt.

206 I. Theil. 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

§. 451. Die zum Schalle oder Klange erforderliche Bewegung der Saite ist also offenbar ein pendulartiges Schwingen derselben; kein bloßes Erzittern ihrer kleinsten Theile.

§. 452. Da demnach das Wesen des Schalles in pendulartigen Schwingungen der schallenden Körper oder ihrer Theile besteht, so folgt, daß alle Körper, welche, oder deren Theile, einer solchen schwingenden Bewegung fähig sind, ursprünglich schallende Körper werden können: und dahin gehören alle feste contractile, und alle expansibele, oder überhaupt alle so genannte elastische; ihre Elasticität sey entweder eine attractive oder expansive.

§. 453. Wenn aber der Schall schallender oder klingender Körper für uns hörbar seyn soll, so müssen die Schwingungen derselben oder ihrer Theile eine bestimmte Geschwindigkeit haben. Deshalb müssen die contractilen Körper, wenn sie schallend seyn sollen, eine gewisse Spannung haben, damit ihre Schwingungen den nöthigen Grad der Geschwindigkeit erlangen. Eine zu schlaffe Saite klingt nicht, weil sie nicht geschwind genug schwingt.

§. 454. Von der Menge der schwingenden Theile und von der Größe der Schwingungsbogen hängt die Größe oder Stärke des Schalles ab; von der Dauer derselben die Dauer des letztern.

§. 455. Wenn diese Schwingungen regelmäßig, d. i., gleichzeitig erfolgen, so heißt die Empfindung,
die

die sie in unserm Gehörorgane bewirken, ein Klang; sonst aber, wenn das Gegentheil Statt findet, ein Geräusch, Geräse, dumpfer Schall. Ein augenblicklich vorübergehender, heftiger Schall heißt ein Knall.

§. 456. Wenn man zwei Saiten, die aus einerley Materie bestehen und gleich dick, aber ungleich lang sind, gleich stark spannt, so machen sie nicht einerley Empfindung auf unser Gehör, wenn sie erschüttert werden. Wir sagen, daß die kürzere Saite höher, die längere aber tiefer klinge, und das Verhältniß der Höhe oder Tiefe des Klanges zu einem andern nennen wir Ton.

§. 457. Die Schwingungen der Saite bey ihrem Klingen sind pendulartig (§. 451.). Da nun ein Pendul desto langsamer schwingt, je länger es ist, so muß auch bey dem tiefen Tone der längern Saite die Anzahl der Schwingungen in einerley Zeit nicht so groß seyn, als bey dem höhern Tone der kürzern Saite. Tiefe Töne sind also solche, wobey in einerley Zeit weniger Schwingungen sind, als bey andern, mit denen man sie vergleicht, und hohe Töne, bey welchen mehr Schwingungen in eben dieser Zeit Statt finden. Es giebt aber für das menschliche Ohr eine gewisse Höhe und Tiefe, über und unter welche der Ton nicht weiter verglichen werden kann.

§. 458. Die Contractilität der gespannten Saiten ist der Grund ihrer Schwingungen bey dem Klingen, oder ist die bewegende Kraft dabey; ihre Thätigkeit

308 I. Theil 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

nimmt daher zu, je mehr die Saiten gespannt werden. Was also bey den Pendeln die verschiedenen Schwere sind, das sind bey den Saiten die spannenden Gewichte, wodurch wir die Größe der Spannung ausdrücken können. Und so wie ein Pendul geschwinder schwingt, wenn die Schwere stärker darauf wirkt, so schwingt auch eine Saite bey gleicher Länge schneller, wenn sie stärker gespannt ist. Da nun von der Geschwindigkeit ihrer Schwingungen die Höhe ihres Tones abhängt, so sieht man leicht ein, daß man bey Bestimmung der Tonhöhe der Saiten auch außer der Länge auf ihre Spannungen Rücksicht nehmen müsse. Bey sehr langen und dicken Saiten läßt sich diese Ungleicheit ihrer Schwingungen, wenn sie verschiedentlich gespannt sind, auch schon durchs Auge wahrnehmen.

§. 459. Endlich kommt in Ansehung der Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gegebenen Zeit macht, auch die Dicke derselben in Betracht, und sie widersteht der Bewegung um desto mehr, je mehr Masse sie bey gleicher Länge und Spannung hat; sie muß also desto langsamer schwingen, und also einen tiefern Ton geben, je dicker sie ist, und umgekehrt, wenn die Längen und Spannungen gleich sind. Man hat folglich bey Bestimmung der Tonhöhe einer Saite: 1) auf ihre Länge, 2) auf ihre Spannung, und 3) auf ihre Dicke zu sehen.

§. 460. Die Erfahrung bestätigt folgende aus dem Vorhergehenden fließende Sätze bey Saiten von einerley Materie:

1.)

1) Bei gleich langen und gleich dicken, aber ungleich gespannten Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen, folglich ihre Tonhöhe, wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte oder Gewichte.

Wenn wir die Anzahl der Schwingungen oder die Tonhöhe der Saiten von gleichartiger Materie N, n , die spannenden Gewichte oder Kräfte P, p , die Längen derselben L, l , und die Durchmesser derselben D, d nennen, und $L = l$ und $D = d$ ist, so ist $N : n = \sqrt{P} : \sqrt{p}$.

2) Bei gleich gespannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt wie ihre Längen.

Wenn $P = p$ und $D = d$, so ist $N : n = 1 : L$.

3) Bei gleich langen und gleich gespannten Saiten, die ungleich dick sind, verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt, wie ihre Durchmesser. — Eine Saite von ungleicher Dicke giebt falsche oder vermischte Töne an.

Wenn $L = l$ und $P = p$, so ist $N : n = d : D$.

§. 461. Es ist also bei Saiten von einerley Materie und gleicher Dicke die Anzahl ihrer Schwingungen oder ihre Tonhöhe in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden des Quadrats der spannenden Gewichte und dem umgekehrten der Längen derselben.

$$\text{Es ist } N : n = \frac{\sqrt{P}}{L} : \frac{\sqrt{p}}{l}.$$

Das Monochord und Tetrachord.

§. 462. Ein Paar Saiten haben den Einklang, wenn sie gleich viel Schwingungen in einerley Zeit machen. Wenn aber die eine Saite bei gleicher Dicke

210 I. Theil. 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

Se und Spannung nur halb so lang ist, als die andere, oder noch einmal so viel Schwingungen macht, so giebt sie der Erfahrung zufolge die Oberoctave des Grundtons an, den die andere Saite angiebt. Wenn ihre Längen sich verhalten wie 2 : 3, oder wenn die kürzere $\frac{2}{3}$ der Länge der andern hat, und sie also drey Schwingungen in einerley Zeit gegen zwey Schwingungen derselben macht, so giebt diese kürzere die Quinte der längern an; sie ist die Quarte des Grundtons, wenn sie $\frac{1}{2}$ der Länge derjenigen Saite hat, welche diesen angiebt; die große Terze, wenn ihre Länge $\frac{4}{5}$; die kleine Terze, wenn sie $\frac{3}{5}$; die große Sexte, wenn sie $\frac{2}{3}$; die kleine Sexte, wenn sie $\frac{4}{5}$; die Oberduodecime, oder die Oberoctave der Quinte, wenn sie $\frac{3}{5}$; die Oberduodecime : Septime, oder die doppelte Octave der großen Terze, wenn sie $\frac{2}{3}$ von der Länge derjenigen Saite ist, welche den Grundton angiebt. Es läßt sich nach dem Angeführten leicht angeben, wie die Spannungen der Saiten seyn müssen, wenn sie gleich lang und dick sind und die angeführten Töne angeben sollen; oder auch, wenn sie gleich gespannt und gleich lang sind, wie ihre Dicke seyn müsse, wenn sie diese Töne angeben sollen.

Die Lehre von der Tonleiter und der Temperatur gehöret nicht in ein Lehrbuch der Physik, so wenig als die Lehre von den Consonanzen und Dissonanzen der Töne. Ich übergehe sie deswegen hier.

§. 463. Es sey eine gespannte Saite AB (Fig. 137.) des Monochords in irgend eine Anzahl gleicher Theile, z. B. in viere, Aa, ab, bc und cB, abgetheilt. Man stelle den Spegel in c. Man hänge schmale und leichte

leichte Streifchen Papier neben einander auf die Saite von A bis c und streiche mit einem Violinbogen den Theil cB der Saite an. Es wird nun der Ton gehört, der vermöge des abgekürzten Theils cB der Saite Statt finden muß, und der sich zum Grundtone der Saite verhält, wie AB zu cB, oder wie 4 zu 1. Zu gleicher Zeit werden nun alle Papierstreifchen längs dem Theile AC herabgeworfen, ausgenommen die in a und b hängenden.

§. 464. Dieser Versuch lehrt offenbar: daß es in dem Theile Ac der Saite jenseits des Stegs ebenfalls Schwingung giebt, während cB klingt; daß aber nicht bloß der Punct c der Saite, wo der Steg steht, sondern auch jenseits desselben a und b in Ruhe sind; daß ganze Stellen der Saite zwischen diesen Puncten schwingen, während cB schwingt; und daß die Stellen zwischen den ruhenden Puncten wechselseitig in entgegengesetzten Richtungen schwingen, wie Fig. 138. es anzeigt. Die ruhenden Puncte a, b und c der Saite heißen Schwingungsknoten. Der Punct der Saite, welchen der bewegliche Steg berührt, ist nämlich allemal ein Schwingungsknoten.

§. 465. Man nehme, wie Fig. 139, durch Verschiebung des Stegs unter der Saite bis c, cB $\frac{2}{3}$ der Länge AB; streiche cB an und lasse es klingen; so wird die Höhe des Tons sich zum Grundtone verhalten, wie 5 : 2, oder wie AB zu cB, und es werden drei Schwingungsknoten, nämlich a, b und c, da seyn. Man verrücke ferner den Steg und nehme den an-

312 I. Theil 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

zureichenden Theil der Saite (Fig. 140.) $dB = \frac{2}{3}$ von der ganzen Länge AB, so wird man nach dem vorigen Verfahren zwei Schwingungsknoten, nämlich b und d, haben, wobei die Tonhöhe des Klanges von dB zum Grundtone der Saite sich verhält, wie 3 zu 1. Man stelle den Steg (Fig. 137.) in b, oder in die Mitte der Saite, und streiche bB oder Ab an, so wird es, außer an der Stelle, wo der Steg ist, keinen Schwingungsknoten weiter geben. Man mache endlich durch Verrückung des Stegs den klingenden Theil der Saite $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ ihrer Länge, so wird man auch außer der Stelle des Stegs keinen Schwingungsknoten in der Saite weiter antreffen.

§. 466. Um die Anzahl der Schwingungsknoten bei einer durch einen Steg oder sonst durch Berührung abgetheilten Saite zu bestimmen, setze man die ganze Länge der Saite in eine Anzahl gleich großer Theile getheilt, welche L heißt, wovon das ursprünglich klingende Stück der Saite die Anzahl 1 enthält; man setze 1 als den Zähler, und L als den Nenner eines Bruches an; man bringe diesen Bruch $\frac{1}{L}$ auf die kleinste Benennung und ziehe dann 1 von L ab: so giebt der Rest die Anzahl der Schwingungsknoten. — Daraus folgt denn auch, daß bei verschiedenen Tonhöhen doch einerley Anzahl von Schwingungsknoten da seyn könne, indem die Glieder zweyer Brüche von verschiedenem Werthe einerley Differenz haben können; und daß also nicht jeder Ton seine bestimmte Anzahl Schwingungsknoten habe.

Wenn

Wenn l gegen L sehr klein und die Saite nur kurz ist, so darf man das Resultat der angeführten Versuche (§. 463. 464.) nicht erwarten, weil dann die Schwingungen theils zu schwach, theils die Schwingungsknoten einander zu nahe sind.

Einige Bemerkungen über die Schwingungsknoten des klangens der Saiten von J. G. Voigt; in Grevs neuem Journ. der Physik. B. II. S. 352 ff.

§. 467. Nicht bloß bey klingenden Saiten sind in ihren anscheinend ruhenden Theilen schwingende Stellen und ruhende Punkte; sondern auch bey andern klingenden Körpern, wie bey klingenden Stäben, Ringen, Cylindern, Blöcken, Scheiben, sind während ihres Klingens ganze Stellen in entgegengesetzten Schwingungen begriffen, während die Grenzen derselben in Ruhe sind. Das Wesen des Schalles besteht also auch bey ihnen nicht in einem Zittern ihrer kleinsten Theile, sondern in Schwingungsbewegungen ganzer Stellen, die durch ihre Contractilität veranlaßt werden. Herr Chladni hat das Verdienst, diese Wahrheit zuerst außer allen Zweifel gesetzt, und ein Mittel erfunden zu haben, diese Schwingungsbewegungen bey klingenden Flächen auch sichtbar zu machen und die ruhenden Stellen durch Klangfiguren darzustellen.

Entdeckungen über die Theorie des Klanges von Ernst Florens Friedrich Chladni. Leipzig 1787. 4.

§. 468. Man nehme zu dem Ende eine kreisrunde Scheibe (Fig. 141.) von Fensterglase, die ohne Knoten und Blasen und gleichförmig dick ist, und etwa vier bis acht Zoll im Durchmesser hat; man bestreue sie mit feinförmigem Sande; man lege sie in ihrem Mittelpuncte auf einen etwas zugespitzten Kork, drücke sie von oben her mit dem Finger an den Kork an, unter-



314 I. Theil. 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

unterstütze sie auch noch am Rande in g, oder q, oder r, oder r, und streiche den Rand in n, oder p, oder f, oder m, überhaupt 45 Gr. von der berührten Stelle, mit einem mit Colophonium bestrichenen Violinbogen in senkrechter Richtung unter mäßigem Drucke. Die Scheibe wird einen Klang geben, zugleich aber wird der Sand auf der Scheibe von ihren schwingenden Stellen bewegt werden und sich bey dem anhaltenden Streichen und Klingen der Scheibe an den ruhenden Stellen anhäufen, und so die Figur der Zeichnung erhalten.

§. 469. Man halte ferner die Scheibe in ihrem Mittelpuncte fest und streiche sie etwa 30 Gr. von der gedämpften Stelle des Randes in p, oder r, oder q u. s. w. (Fig. 142.) an; so bildet der Sand die Klangfigur der Zeichnung. — Man fasse die Scheibe (Fig. 143.) bey n in einiger Entfernung vom Rande zwischen den Daumen und Zeigefinger und streiche sie in m; so bildet der Sand den Kreis n. — Man fasse die Scheibe wie vorher und streiche sie in p, (90 Gr. von der gehaltenen Stelle) (Fig. 144.); und es entsteht noch die gerade Linie in der gezeichneten Klangfigur. — Man fasse die Scheibe ferner wie vorher, stemme sie bey g oder p (Fig. 145.) an einen eckigen und nicht allzu harten Körper an und streiche in m, (45 Grad von der Stelle, wo man sie hält;) und es entstehen außer dem Kreise noch zwey gerade sich durchkreuzende Linien. — Man halte die Scheibe nicht in der Mitte, sondern bey p (Fig. 146.), und streiche bey f oder n, oder bey r oder s; und

und es bildet der Sand die gerade Linie durch die Mitte der Scheibe und drei Bogen. — Man stemme die Scheibe (Fig. 147.) bey a an eine Kante, indem man die Finger in c und d an den Rand derselben setzt, und streiche in f; es bilden sich dann die beyden geraden gegen einander geneigten Linien e und d. — Man drücke eine elliptische Scheibe (Fig. 148.) in der Mitte c auf den Kork an, dämpfe die beyden Punkte des Randes p und q mit den Fingern und streiche in r, wo sich dann die Klangfigur der Zeichnung bildet. — Wenn man die Quadratscheibe (Fig. 149.) in ihrer Mitte auf den Kork drückt und an einer ihrer Ecken streicht, so bildet der Sand zwey sich rechtwinklig durchkreuzende gerade Linien, die von der Mitte des Randes der Scheibe ausgehen; wenn man aber in der Mitte des Randes streicht, so laufen die Linien (Fig. 150.) von den Ecken der Scheibe aus. — Man fasse die Quadratscheibe bey a zwischen den Daumen und Zeigefinger und unterstütze sie auch noch in b, und streiche an der Ecke der Scheibe in c; so entsteht die gezeichnete Klangfigur. — Man halte die Quadratscheibe (Fig. 151.) in o oder q und streiche in p oder n, um die gezeichnete Klangfigur zu erhalten. Wird die Stelle, wo man die Scheibe hält, etwas verändert, oder streicht man an einer der Ecken in c. oder o (Fig. 152.), so kann sich der vorige Klang auch durch drei, gekrümmt durch die Scheibe gehende, Linien darstellen.

§. 470. So kann man also dadurch, daß man die Scheibe an andern Stellen hält und unterstützt, und

316 I. Theil. 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

und an andern Stellen des Randes streicht, sie jedesmal nöthigen, sich anders abzutheilen, und man kann solcher Gestalt mit veränderten Tönen derselben andere Klangfiguren zuwege bringen und eine ungemein große Mannichfaltigkeit derselben erhalten. Nicht immer ist aber jede Abänderung der Klangfigur mit einer bemerkbaren Abänderung des Tons verknüpft.

§. 471. Um eine Klangfigur hervorzubringen, ist es nöthig, die Linien der Fläche, welche als ruhend verlangt werden, durch Unterstützung oder Dämpfung in Ruhe zu bringen und die in Schwingung zu setzenden Stellen in Bewegung zu setzen. Indessen ist es, wie wir gesehen haben (§. 469.), nicht nöthig, jeden Punct der zur Ruhe zu bringenden Linie besonders zu dämpfen und jeden schwingenden Theil besonders in Schwingung zu setzen, sondern man braucht nur einen Punct der Linie, welche ruhen soll, zu dämpfen und eine Stelle am Rande der Scheibe durch Streichen in Schwingung zu setzen, da sich dann diese Bewegung den übrigen zu bewegenden Theilen der Scheibe mittheilt. Durch einige Uebung kann man es leicht dahin bringen, die verlangten Figuren sehr rein und schnell zu erhalten. Die nöthige Dämpfung der Stellen läßt sich bequem durch zugespitzte Korkeßpösel, worauf man die Scheibe legt, anbringen.

Beitrag zu den Versuchen über die Klangfiguren schwingender Flächen, von Joh. Gottfr. Voigt; in *Erstes neues Journ. d. Phys.* B. III. S. 391. ff.

§. 472. Bei den meisten Klangfiguren nehmen gewisse feste Linien mehrentheils schlängelförmige Krüm-

Krümmungen an, deren Anzahl bey jeder Figur bestimmt ist. An solchen neben einander gehenden Linien ist die Lage der Krümmungen fast allemal so beschaffen, daß entweder zwey unmittelbar neben einander befindliche Linien, oder in wenigen Fällen zwey durch eine gerade Linie getrennte schlangenförmige Linien gegenseitig sich einander nähern und von einander entfernen. In jedem Näherungspuncte können sie sich so verbinden, daß sie einander durchkreuzen; es nehmen also in diesem Falle zwey sich nähernde Krümmungen (Fig. 154. und 155.) die Gestalt von Fig. 153. an. Eben so können zwey einander durchschneidende Linien (Fig. 153.) sich in der Mitte so trennen, daß zwey gegen einander stehende Bogen frummer Linien (Fig. 154. und 155.) daraus werden. Manche Figuren werden dadurch so verändert, daß man ohne Uebung ihre eigenthümliche Gestalt daraus nicht würde beurtheilen können. Der Ton ist bey einer abgeänderten Figur derselbige, als wenn diese Figur regelmäßig erscheint. Diese Abänderungen der Figuren kann man oft durch wenige Verrückung der Unterstützungspuncte der Scheibe oder der zu streichenden Stelle des Randes erhalten.

Chladni a. a. D. S. 19. ff.

§. 473. Bey dem Klingen der Scheiben schwingen allezeit zwey Stellen, die durch eine ruhende Linie von einander abgesondert sind, wie z. B. (Fig. 153.) *anh* und *bod*, oder (Fig. 149.) *ebg* und *mhg*, nach entgegengesetzten Richtungen; oder die Krümmung der einen Stelle befindet sich über ihrer natürlichen Lage, während die andere Stelle unter dieselbe

312 I. Theil 7. Hauptst. Schwingungsbewegungen

gekrümmt ist, und umgekehrt. Zwoy Stellen, die in entgegengesetzten Winkeln der sich durchkreuzenden Linien stehen, z. B. *anb* und *cmd* (Fig. 153.), oder *ebg* und *fcn* (Fig. 149.), oder *bcm* und *nhg* (Fig. 150.), schwingen allemal nach der nämlichen Richtung. *Oladni a. a. D. S. 19.*

§. 474. Bey den Arten des Kluges der Scheiben, wo sich sternförmige Figuren zeigen, machen nicht die Stellen am Rande die weitesten Schwingungen; sondern der Punct, wo die Schwingungen am weitesten sind, oder der Mittelpunct der Schwingung, ist in jedem schwingenden Theile in einiger Entfernung vom Rande, wie in Fig. 141., 144. und 145. diese Stellen durch Puncte bezeichnet sind. Wenn unter dem Rande, dessen man sich zum Bestreuen bedient, ganz feine Staubtheilchen befindlich sind und die Scheibe ganz genau horizontal gehalten wird, so werden diese Puncte sichtbar, indem sich der feinste Staub hier anhäuft.

Oladni a. a. D. S. 30. f.

§. 475. Bey dem Klingen der Glocken schwingen ebenfalls ganze Stellen, während Linien zwischen denselben in Ruhe sind. Man kann dies leicht an einem zum Theile mit Wasser gefüllten, dünnen, Trinkglase, porzellanenen Spülnapfe, einer Tasse, u. dergl. zeigen. Man halte das Glas etwas über dem Boden mit dem Daumen und einem andern Finger, und streiche den Rand des Glases 45 Grad von der gehaltenen Stelle mit dem Violinbogen, so geräth das Wasser im Glase in eine Bewegung von vier schwingenden Theilen des Glases, und diese Bewegung zeigt sich

sich sehr auffallend so, daß das Wasser als feiner Staub umherspritzt. Wenn man das Glas hingegen bey 60 Grad von der berührten Stelle streicht, so werden sich bey verändertem und höhern Tone sechs schwingende Stellen der Wand zeigen und das Wasser bewegen.

§. 476. Die Geschwindigkeit, mit der sich die schwingenden Bewegungen in den angrenzenden Theilen der zuerst und ursprünglich in Bewegung gesetzten Stelle durch die Masse eines contractilen Körpers fortpflanzen, ist bewundernswürdig groß, und überhaupt ist diese Geschwindigkeit der Fortpflanzung der zum Schalle erforderlichen Bewegung durch sich genau berührende oder zusammenhängende contractile Körper noch nicht ermessen. Die Fortpflanzung scheint zwar durch eine sehr lange Reihe solcher Körper für uns momentan zu seyn, daraus folgt aber noch nicht, daß die Geschwindigkeit dabei so groß sey, als die des Lichts.

Hieraus erklärt sich auch die Resonanz.

Aus dieser, zwar an sich successiven, für uns aber momentan erscheinenden, Fortpflanzung läßt sich erklären, warum die massiven Wände eines hohen Gebäudes bis zum höchsten Stöße erschüttert zu werden scheinen, wenn ein Wagen auf dem Pflaster der Straße vor dem Gebäude rastet. Hier scheint in der That die Wirkung größer, als die Ursach; sie würde es wirklich seyn, wenn die Erschütterung durch die ganze Masse momentan, und nicht successiv erfolgte.

Chr. Ernst Wunsch Nachricht von einem Versuche, welcher lehret, daß der Schall durch feste elastische Körper unendlich geschwind, oder doch eben so geschwind als das Licht, sich bewegt; in der *Sammlung der deutschen Abhandl., welche in der k. Akad. d. W. zu Berlin vorgelesen worden.* Berl. 1793. 4. S. 187. ff.

§. 477. Zur Erklärung der Fortpflanzung des Schalles von einem schallenden Körper durch die Luft,
als

als dem gewöhnlichsten Fortpflanzungsmittel, muß man auch annehmen, daß durch die Schwingungen des erstern die umgebenden Lufttheilchen, und durch diese die benachbarten Lufttheilchen abwechselnd zusammengebrückt werden und sich wieder ausdehnen. Diefemnach ist die zur Fortpflanzung des Schalles dienende Bewegung der Luft eine wellenförmige, und keinesweges eine fortschreitende. Der Schall pflanzt sich von dem klingenden oder schallenden Körper, wie von dem Mittelpunkte einer Kugel nach der Fläche derselben, in der Luft fort; und zwar nach der Stärke und Beschaffenheit desselbigen zu einer größern oder geringern Weite, die bey der gehörigen Stärke des Schalles, nach der Lage des Orts, sehr beträchtlich seyn kann. Die weiteste Entfernung desselben kann man aber wegen der Menge der nicht zu bestimmenden Umstände nicht angeben. Man kann sich die Fortpflanzung des Schalles in der Luft als Schallstrahlen (Radii sonori) vorstellen, wenn man nur dabey nicht glaubt, daß wirkliche Ausflüsse einer schallmachenden Materie Statt fänden.

§. 478. Der Schall pflanzt sich in der Luft eben so leicht nach oben, als nach unten und nach der Seite zu fort, vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit der Luft, nach den verschiedenen Richtungen zu, sich nicht merklich ändert. In verdünnter Luft nimmt nicht nur die Stärke des Schalles ab, sondern auch die Geschwindigkeit.

§. 479. Aus der angeführten Ausbreitung des Schalles in der Luft folgt, daß die Stärke desselben
abneh-

abnehmen müsse, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

§. 480. Die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft geschieht ben weitem nicht mit der Geschwindigkeit, als durch contractile feste Körper (§. 476.), und es verfließt eine merkliche Zeit, ehe der Schall durch eine lange Strecke von Luft sich fortgepflanzt hat. Da die Geschwindigkeit der Bewegung des Lichtes so außerordentlich groß ist, daß die Zeit, die es zum Durchlaufen eines Raumes auf der Erde braucht, für nichts zu rechnen ist, so hat man sich des mit einem Schalle ausbrechenden Feuers, wie des Abfeuerns der Gewehre und des Geschüßes zur Nachtzeit, bedient, um daraus die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der Luft, in bestimmter Entfernung zu messen. Die Resultate der Erfahrungen hierüber weichen freylich sehr von einander ab, wie sich auch aus der veränderlichen Beschaffenheit der Luft kaum anders erwarten läßt. Die von Cassini, Maraldi und de la Laille angestellten scheinen doch die genauesten und sichersten zu seyn, und zu Folge derselben durchläuft der Schall in Einer Secunde einen Raum von 173 Toisen oder 1038 paris. Fuß.

*Mémoires de l'acad. roy. des sc. de Paris, 1738. u. 1739.
Gehlers phys. Wörterb. Tb. III. S. 809.*

Diese Geschwindigkeit des Schalles kann auch dazu dienen, um die Entfernung eines Orts, eines Gewitters, eines Schiffes, u. dergl., wenigstens einiger Maßen, aus der Zeit, die zwischen dem Wahrnehmen des Schalles und des gleichzeitig ausbrechenden Lichtes verfließt, zu beurtheilen.

§. 481. Die Bewegung des Schalles ist anscheinend gleichförmig, oder er durchläuft in gleichen Zeiten gleiche Räume. Die Stärke des Schalles mag

322 I. Theil. 7. Hauptst. Schwingungsbebewegungen

beschaffen seyn, wie sie will, so ist die Geschwindigkeit desselben einerley; und alle Gattungen des Schalles haben einerley Geschwindigkeit.

Experimenta et observationes de soni motu aliisque ad id attinentibus, factae a D. W. Derhamo, in den philos. transact. No. 313. S. 3. ff.

§. 482. Alles, was die Elasticität der Luft ändert, bringt auch Veränderungen in der Geschwindigkeit des Schalles zuwege, als: Wärme und Kälte, Verdichtung und Verdünnung der Luft. Wenn der Wind nach einer Richtung bläst, die auf der Richtung des Schalles senkrecht ist, so ändert er nichts in der Geschwindigkeit des Schalles. Sonst aber vermehrt oder vermindert er dieselbe, je nachdem er mit dem Schalle in einerley oder in entgegengesetzter Richtung geht, und zwar um seine eigene Geschwindigkeit.

§. 483. Der Schall wird von harten Körpern nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper zurückgeworfen. Darauf beruhet die Einrichtung der Sprachgewölbe. Wenn durch diese Reflexion die Zerstreuung des Schalles in die Runde verhindert und die Divergenz der Schallstrahlen dadurch in eine parallele Richtung verändert wird, so muß auch der Schall seine Stärke behalten, die er sonst verlieren würde. Darauf gründet sich das Sprachrohr. Man ist häufig bemüht gewesen, ihm die schicklichste Figur zu geben; Hr. Lambert aber hat bewiesen, daß die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch eben so gut sey, als jede andere. Sehr klingende Materien, oder solche, die eine starke Resonanz bewirken, können zwar bey der Anwendung zu Sprachröhren

ehren die Stärke des Schalles vermehren, aber sie vermindern auch wieder auf der andern Seite die Deutlichkeit articulirter Töne.

Athanasii Kircheri neue Hall- und Tonkunst, a. d. L. Nürnberg 1684. Fol.

Sur quelques Instrumens acoustiques, par Mr. Lambert; in den Mém. de l'ac. roy. des sc. de Prusse. 1763. S. 87.

J. H. Lamberts Abhandlung über einige akustische Instrumente. A. d. Franz. nebst Zusätzen über das so genaute Horn Alexanders des Großen, über Erfahrungen mit einem elliptischen Sprachrohre und über die Anwendung der Sprachrohre zur Telegraphie, von Gottfr. Luth. Berlin 1796. 8.

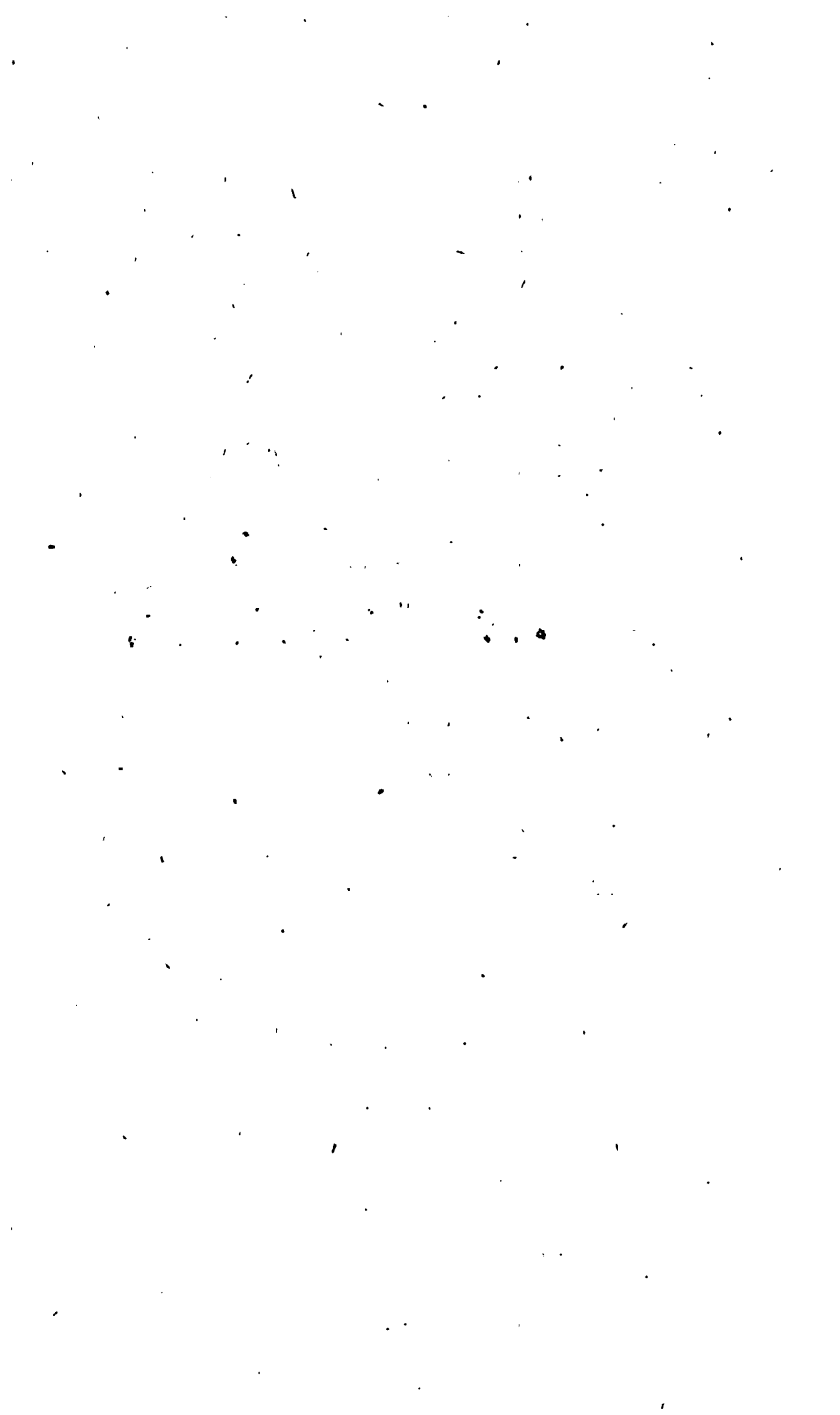
§. 484. Wenn der Schallstrahl bey seinem Fortgange in der Luft senkrecht auf einen harten Körper stößt, so wird er auf diesen Körper mit seiner ganzen Gewalt wirken und nach den Gesetzen der Reflexion von demselben wieder in eben der Richtung und mit eben der Geschwindigkeit zurückgeworfen werden. Ein Ohr also, das ganz nahe bey dem Orte des entstehenden Schalles ist, hört nicht allein diesen Urschall, sondern auch den Wiederschall oder das Echo. Wenn aber dieser reflectirte Schall zu geschwind auf den erstern folgt, so wird er undeutlich und kann von jenem nicht unterschieden werden. Die Erfahrung lehrt, daß zwey Schalle noch deutlich sind und unterschieden werden können, wenn sie in dem neunten Theile einer Secunde auf einander folgen. Wenn daher ein Echo eines Schalles deutlich gehört werden soll, so muß die den Schall reflectirende Ebene so weit vom Urschalle entfernt seyn, daß wenigstens der neunte Theil einer Secunde vergeht, ehe der Schall hin- und zurückgeht, oder, welches einerley ist, daß $\frac{1}{9}$ einer Secunde vergeht, ehe der Schall an die reflectirende

Ebene anstößt. Wenn wir annehmen, daß der Schall in einer Secunde 1038 parisiſche Fuß durchläuft (§. 480.), ſo muß die Ebene wenigſtens $\frac{1038}{2}$ oder 519 Fuß vom Urſchalle entfernt ſeyn, wenn das Echo deutlich gehört werden ſoll. In dieſer Entfernung kann es aber nur einen einzelnen Schall oder eine einzelne Sylbe deutlich wiederhallen, und heißt daher ein einſylbiges Echo. Es kommt bey dem Ausſprechen eines mehrſylbigen Wortes ſchon der Schall der erſten Sylben zurück, ehe das ganze Wort ausgeſprochen iſt, und man hört daher nur die letzte Sylbe allein deutlich nachhallen.

§. 485. Wenn die den Schall reflectirende Ebene 519 parisiſche Fuß vom Urſchalle entfernt iſt, ſo vergeht eine Secunde Zeit, ehe das Echo wieder an den Ort des Urſchalles zurückkommt, und in dieſer Entfernung kann es ſchon vielſylbige Worte wiederholen. Das Echo heißt alſo dann ein vielſylbiges. Wenn mehrere zurückwerfende Körper in Entfernung neben einander liegen, ſo daß der Schall von einem zum andern, und von jedem wieder an den Ort des Urſchalles reflectirt wird, ſo entſteht ein vielfaches Echo, das eine Sylbe mehreremal wiederholt, weil der Schall von der fernern reflectirenden Ebene ſpäter ins Ohr zurückkommt, als von der nähern, wenn anders nur der urſprüngliche Schall ſtark genug war.

Nachrichten von verſchiedenen merkwürdigen Arten des Echo ſiehe man in Rirchers oben (§. 483.) angef. Schrift, und in Gehlers phyſ. Wörterb. Bd. I. Art. Echo.

**Zweiter Theil:
Besondere Naturlehre.**



§. 486.

Wir untersuchen in der besondern Naturlehre (§. 28.) die Natur der einzelnen einfachen Stoffe (§. 118.), die einen Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmungen ausmachen, indem wir die Wirkungen, welche sie auf einander ausüben, und die Zusammensetzungen, welche sie bilden, erforschen.

Erstes Hauptstück.

W ä r m e s t o f f.

§. 487. Die objective Ursach der Empfindung, die jedermann unter dem Namen der Wärme oder Hitze (*Calor*) kennt, nennen wir Wärmestoff (*Caloricum, Calorique*).

§. 488. Nur dem Gemeingefühle, und keinem andern Sinne, können wir diese Substanz darstellen. Wer es berechtigt dies eben so gut zu dem Schlusse auf die objective Realität eines Wärmestoffes, als die Darstellbarkeit für andere Sinne bey andern Substanzen.

§. 489. Wenn wir auf die Körper Acht geben, die wir in den Zustand bringen, daß sie in uns die Empfindung der Erwärmung oder Erhitzung zuwege bringen, so finden wir, daß sie in einen größern Raum ausgedehnt werden, und diese Zunahme des
Anbe-

Inbegriffs der Körper, so wohl der flüssigen als der festen, in der Wärme oder Hitze (Rarefactio), ist eine ganz allgemeine Wirkung des Stoffes der Wärme.

Bestätigung durch Versuche: Eine mit Luft zum Theile gefüllte schlafe Blase schwellt über einem Kohlfener auf; hohle Glasfugeln, die im kalten Brantweine schwimmen, sinken im erwärmten; Weingeist, Quecksilber, steigt in gläsernen Röhren höher, wenn diese erwärmt werden; Wachsthualeu sinken im heißen Wasser unter, da sie im kalten Wasser schwimmen; eine eiserne Stange geht nach dem Glühenden werden nicht mehr durch einen Ring, durch den sie in der Kälte geht; ein Eisendraht verlängert sich beim Glühenden werden.

§. 490. Man bedient sich daher dieser Veränderung des Volums gewisser Substanzen selbst als Maassstab zur Bestimmung der Ab- und Zunahme der Quantität oder Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursach.

T h e r m o m e t e r.

§. 491. Ein Werkzeug, welches uns Aenderungen der Wärme bemerklich macht und uns versichert, daß ein gewisser Grad der Wärme, dem das Werkzeug jetzt ausgesetzt ist, derselbige sey, oder nicht sey, dem es ein andermal ausgesetzt war, heist ein Thermometer, Thermoskop oder Wärmemesser.

§. 492. Den Maassstab zur Bestimmung der Aenderung der Wärme giebt bey den Thermometern die Aenderung des Volums der Substanzen, nämlich die Vermehrung oder Verminderung desselben bey der Zunahme oder Abnahme der freyen Wärmetheilchen. Man wählt dazu solche Stoffe, die von den Veränderungen

rungen des Wärmezustandes leicht afficirt, und bemerkbar genug durch geringe Zunahmen der Wärme ausgedehnt werden; dergleichen sind tropfbare und elastisch-flüssige Körper. Um die Aenderungen des Volums desto besser bemerkbar zu machen, schließt man dergleichen Flüssigkeiten in enge gläserne Röhren mit Kugeln ein, damit man durch den Stand in der Röhre die Aenderungen des Volums, die auf die Aenderungen der Wärme schließen lassen, wahrnehmen könne.

§. 493. Die gewöhnlichsten Flüssigkeiten, deren man sich zum Füllen der Thermometer bedient, oder eigentlicher, durch deren Ausdehnung und Zusammenziehung man auf die verhältnißmäßige Zunahme und Abnahme des Wärmestoffes schließt, sind Luft, Weingeist und Quecksilber. Die Thermometer erhalten darnach den Namen der Luftthermometer, Weingeistthermometer, Quecksilberthermometer. Die Luftthermometer sind die empfindlichsten, und die Luft wird durch gleiche Quantitäten des Wärmestoffes stärker expandirt, als ein gleiches Volum einer tropfbaren Flüssigkeit. Das Quecksilber hat entschiedene Vorzüge vor andern tropfbaren Flüssigkeiten, dadurch: daß es leicht von einer gleichförmigen Reinigkeit erhalten werden kann; daß es gegen Aenderungen der Wärme sehr empfindlich ist; daß es starke Grade der Hitze verträgt, ehe es kocht; und eine beträchtlich große Verminderung der Wärme dazu gehört, ehe es gefriert. Diese Eigenschaften hat der Weingeist nicht alle; denn wenn er gleich noch später gefriert, als Quecksilber, und sich noch stärker ausdehnt, so kocht er doch weit früher,
als

als Wasser, und verwandelt sich leicht in Dunst: So bald sich aber tropfbare Flüssigkeiten durch Hitze in Dämpfe, oder durch Gefrieren in feste Substanzen verwandeln, so messen sie ganz andere Grade der Ausdehnung, als vorher, und die vorige Scale fortgesetzt dient dann keinesweges mehr für dieselben.

de Luc oben (S. 17. No. 8.) angef. Werk S. 410. a. u. ff. S. 422. a. ff. Luz verständige Anweisung, die Thermometer zu verfertigen, Nürnberg. 1781. gr. 8. Ebendesselben vollständige Beschreibung von allen Barometern, nebst einem Anhang, seine Thermometer betreffend, Nürnberg und Leipzig 1784. gr. 8.

§. 494. Alle unsere Thermometer zeigen indessen keinesweges die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes an, sondern nur, ob die Quantität größer oder geringer sey, als zu einer andern Zeit der Beobachtung. Dessen ungeachtet ist das Thermometer, so wie es ist, doch ein überaus wichtiges Werkzeug für den Naturforscher.

§. 495. Cornelius Drebbel von Alkmar in Nordholland wird gewöhnlich für den Erfinder des Thermometers, bey'm Anfange des vorigen Jahrhunderts, angegeben. Sein Thermometer war ein Luftermometer und bestand aus einer gläsernen Röhre, die oben mit einer Kugel geschlossen, bis zu einer gewissen Höhe mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt und mit ihrer untern Oeffnung in ein Behältniß, das eben diese Flüssigkeit enthielt, gestellt war. Die Luft trieb nun bey ihrer Ausdehnung durch Wärme die Flüssigkeit in der Röhre herunter, oder diese stieg hinauf, wenn sich die Luft durch Kälte zusammenzog.

Ulm

Um das Werkzeug tragbarer zu machen, kann die Röhre Afg (Fig. 125.) unten bey g wieder gekrümmt werden und in die offene Kugel G auslaufen. Gesetzt, die Flüssigkeit stehe in der Röhre bis f und in der Kugel zur Seite bis G, so wird die Luft zwischen f bis A durch die Ausdehnung bey der Erwärmung die Flüssigkeit herabdrücken; bey der Verminderung der Wärme wird die Luft zwischen f und A sich zusammenziehen und der Druck der Atmosphäre auf die Fläche der Flüssigkeit in G diese hinaufstreiben. Oder es kann noch bequemer die oben bey g offene Glasröhre (Fig. 126.), die unten in die Höhe gekrümmt und hier mit einer Kugel A geschlossen ist, mit der gefärbten Flüssigkeit so gefüllt werden, daß ein Theil der Kugel A noch Luft enthält. Durch die Zunahme der Wärme wird die Luft in der Kugel A sich ausdehnen und die Flüssigkeit über f in die Höhe treiben; durch die Verminderung der Wärme wird die Luft in A sich zusammenziehen und die Flüssigkeit wird von f herabgedrückt werden. Dieses drebbelische Luftthermometer hat aber den beträchtlichen Fehler, daß die äußere Luft zugleich darauf wirkt und daß nach Verschiedenheit des Druckes derselbigen die Flüssigkeit in der Röhre verschiedentlich hoch stehen kann, bey einerley Grad der Wärme. Wegen der großen Empfindlichkeit ist diese Einrichtung indessen doch immer sehr vortheilhaft zu nützen, um momentane und schnell vorübergehende Aenderungen der Wärme dadurch zu erforschen.

§. 496. Wenn man an dem Luftthermometer die Wirkungen des Druckes der äußern Luft von denen des Wärmestoffes gehörig zu unterscheiden, oder auch jene ganz auszuschließen, im Stande ist, so kann es die Erfordernisse eines Thermometers (§. 491.) erfüllen und zu einem sehr vollkommenen Werkzeuge werden. Die erstere Einrichtung hat Amontons, die zweite Bernoulli's Luftthermometer, bey welchen der Fehler des drebbelischen Thermometers völlig gehoben ist.

§. 497. Das amontonsche Luftthermometer (§. 496.) besteht aus einer langen, engen, gleich weiten, gläsernen Röhre (Fig. 132.), die bey a offen und unten gekrümmt ist und sich hier in eine Kugel b endigt, die einen sehr großen Durchmesser gegen die Röhre haben muß, damit durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Röhre das Niveau des Quecksilbers in der Kugel sich nicht merklich ändere. In der Kugel ist Luft über dem Quecksilber eingeschlossen, und dieses steht auch noch in der Röhre über dem Niveau des Quecksilbers in der Kugel, und zwar auch beim niedrigsten Grade der Wärme, die man durchs Werkzeug mißt. Es ist aus der Lehre von dem Drucke und der Elasticität der expansibelen Flüssigkeiten (§. 405.) bekannt, daß die Luft in der Kugel b nicht nur den Druck der Quecksilbersäule gf, sondern auch den Druck der Atmosphäre, den der jedesmalige Barometerstand anzeigt, zu tragen habe. Wenn man also zu der Höhe der Quecksilbersäule über dem Niveau bf die jedesmalige Barometerhöhe addirt,

addirt, so hat man die Höhe einer Quecksilbersäule, wie sie bey der jedesmaligen Wärme der Luft in der Kugel von derselben getragen werden kann.

*Amontons, in den Mém. de l'ac. roy. des sc. 1702. S. 160. ff.
Lamberts Pyrometrie. Th. II. Hauptst. 3.*

§. 498. Es ist übrigens ein, ohne allen Grund, von mehrern Physikern, seit Bernoulli, angenommener Satz: daß die Ausdehnungen der Luft, bey gleichem Drucke, in der Wärme, oder ihre absolute Elasticität bey unveränderter Dichtigkeit derselben, den Quantitäten des Wärmestoffes proportional wären, und daß z. B. doppelt so starke Elasticität der eingeschlossenen Luft, bey gleich bleibender Dichtigkeit, doppelt so viel Quantität der sie afficirenden Wärmetheilchen voraussetze. Das amontonsche Luftthermometer giebt so wenig, wie irgend ein anderes Thermometer (§. 494), die wirklichen Verhältnisse des Wärmestoffes an. Jede Luft- oder Gasart dehnt sich, bey gleichem Grade der Zusammendrückung, durch gleiche Zunahme der Intensität des Wärmestoffes anders aus; warum sollte nun gerade allein die atmosphärische Luft in ihren Zunahmen der Ausdehnung proportional gehen mit den Quantitäten der Wärmetheilchen, die sie afficiren?

§. 499. Das bernoulli'sche Luftthermometer (L. 496.) erhält man, wenn man die Kugel eines Kapfelbarometers (§. 396.) zuschmelzt. Es ist nun das Quecksilber in der Kugel nicht mehr dem Wechsel des Druckes der äußern Luft ausgesetzt. Sonst hat dieses Werkzeug die Unbequemlichkeit, daß die Röhre davon

davon sehr lang, und weit länger, als bey einem gewöhnlichen Barometer seyn muß, weil sonst das Aufsteigen des Quecksilbers bey verstärkten Graden der Wärme die ganze Röhre ausfüllen würde. Uebrigens muß die Röhre gegen die Kugel enge genug seyn, damit durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der erstern sich das Niveau in der letztern nicht merklich ändere.

§. 500. Die florentiner Akademie bediente sich zuerst einer tropfbaren Flüssigkeit zur thermostopischen Substanz. Ihr Thermometer besteht in einer oben verschlossenen gläsernen Röhre mit einer unten befindlichen Kugel, worin gefärbter Weingeist eingeschlossen ist. Man bemerkte an der Röhre einen Punct, wo bey die Flüssigkeit in einer gemäßigten Temperatur steht, z. B. in einem tiefen Keller, und brachte nun an der Röhre über und unter diesem Puncte eine willkührliche Eintheilung in Grade an, so daß man jenen Punct mit 0 bezeichnete und die Grade des Thermometers auf- und abwärts zählte. Da aber bey diesem florentinuschen Thermometer jener Punct nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, und die Grade über und unter demselben nur willkührlich aufgetragen werden können, so sieht man leicht die Unbrauchbarkeit desselben, um bestimmte Grade der Wärme und Kälte darnach zu messen, und die Untauglichkeit der Methode, um darnach vergleichbare Thermometer zu machen.

Tentamina experimentorum naturalium captorum in Acad. del Cimento, edit. a Muschenbroke, C. 2. ff.

§. 501. Fahrenheit machte sich daher um die Verbesserung der Thermometer dadurch sehr verdient, daß er zwei ziemlich feste Puncte daran bestimmte und den Abstand derselben von einander in eine bestimmte Anzahl Theile oder Grade eintheilte; so wie auch dadurch, daß er sich, nach Galley's Rathe, nachher des Quecksilbers zum Füllen der Thermometers röhren bediente. Die Entfernung zweier solcher festen Puncte an dem Thermometer nennt man den **Fundamentalabstand**. Fahrenheit nahm zum **untern Puncte** die Temperatur, welche ein Gemisch aus gleichen Theilen Schnee und Salmiak hat, oder den **künstlichen Frostpunct** (*Punctum congelationis artificialis*), und zum **obern Puncte** die Hitze des siedenden Wassers, den **Siedepunct** (*Punctum ebullitionis*). Er setzte bey jenem 0 und theilte diesen Fundamentalabstand in 212 gleiche Theile, so daß also diese Zahl für den Grad des kochenden Wassers war. Auch unter 0 trug er noch eben so große Grade, als oberhalb waren. Für die Hitze des kochenden Quecksilbers kommen 600 seiner Grade. Gewöhnlich macht man aber die Scale dieser Thermometer nur bis an den Siedepunct des Wassers.

Herm. Boerhaave elementa chemiae. Lips. 1732. 8. T. I. S. 146. ff.

§. 502. Herr von Reaumur nahm dagegen zum **untern Puncte** an der Scale des Thermometers den bequemern natürlichen Frostpunct (*Punctum regelationis*), oder die Temperatur des schmelzenden Schnees und Eises an, füllte das Thermometer mit Wein-

Weingeist, der, um die Hitze des kochenden Wassers auszuhalten, mit Wasser verdünnt war, und theilte den Fundamentalabstand von jenem Puncte bis zum Siedepuncte in achtzig gleiche Theile, (weil er gefunden hatte, daß kein Weingeist sich um 0,080 seines Volums, das er beim natürlichen Frostpuncte hatte, ausdehnte,) und setzte also 0 bey diesem Frostpuncte, 80 beim Siedepuncte. Unter 0 wurden ebenfalls so große Grade an der Scale aufgetragen, als nach oben zu. Der natürliche Frostpunct, oder das Reaumurische 0, ist bey Fahrenheit 32 Grad.

Règle pour cohérence des thermomètres, dont les degrés soient comparables, par M. Reaumur, in den *Mémoires de l'acad. royale des sc.* 1736. S. 452. ff. Second mémoire; ebenda. 1731. S. 259. ff.

§. 503. Man hat in der Folge Reaumur's Scale auch für die Quecksilberthermometer angewendet. Sie trifft aber nicht mit der Gradirung des wahren Reaumurischen Thermometers überein, und dieses zeigt daher mit einem Quecksilberthermometer, das die Reaumurische Scale hat, in einerley Wärme nicht einenley Grade; und wenn man sich der Reaumurischen Scale bedient, so müßte man auch immer bestimmen, ob man bey derselben ein Quecksilber- oder ein Weingeistthermometer gebraucht habe.

de Luc a. a. D. S. 440. a. ff.

§. 504. Man hat nachher noch mehrere Einteilungen des Fundamentalabstandes oder Scalen eingeführt, aber wirklich ohne Noth die Thermometersprache dadurch unbequemer gemacht. De Lisle setzte bey dem Siedepuncte des Wassers 0, und bey dem
natür-

natürlichen Gefrierpuncte 150, weil das Volumen des Quecksilbers in der Temperatur des letztern um 0,0150 geringer sey, als in der des erstern. Celsius hingegen theilte den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpuncte bis zum Siedepuncte in hundert gleiche Theile, und setzte bey jenem 0, bey diesem 100. Diese Scale heißt auch die schwedische.

6. 505. Die Hauptsache bey der Graduirung der Scale der Thermometer ist die Bestimmung zweyer, hinlänglich unterschiedener, unveränderlicher Puncte, oder des Fundamentalabstandes, die, wenn sie immer wiedergefunden werden können und ihr Abstand hernach in gleich große Theile eingetheilt wird, uns in den Stand setzen, harmonisirende Thermometer zu machen. Man ist jetzt allgemein übereingekommen, die Temperatur des schmelzenden Schnees, oder den natürlichen Gefrierpunct, und die Temperatur des siedenden Wassers für die beyden festen Puncte der Thermometerscale anzunehmen, deren Abstand man in 180 Theile, wenn man Fahrenheits Scale, oder in 80 Theile, wenn man Reaumur's Scale, oder in 100 Theile theilt, wenn man Celsius Scale haben will. Um Delisle's Scale zu erhalten, theilt man diesen Fundamentalabstand in 150 Theile, und zählt von oben herab. Dies alles gilt nur vom Quecksilberthermometer.

Die Fahrenheit'sche, Reaumur'sche und Celsius'sche Scale lassen sich leicht unter einander vergleichen, wenn man weiß, daß 180 F., 80 R. und 100 C. Grade einander gleich sind, nur muß es bey der Reaumur'schen Scale dann ein Quecksilberthermometer seyn. Es sind demnach $18^{\circ} \text{F.} = 8^{\circ} \text{R.} = 10^{\circ} \text{C.}$; $9^{\circ} \text{F.} = 4^{\circ} \text{R.} = 5^{\circ} \text{C.}$; und also:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Gr. R.} &= 2\frac{1}{2} \text{ F.} = 1\frac{1}{2} \text{ C.} \\
 1 \text{ Gr. F.} &= \frac{4}{5} \text{ R.} = \frac{4}{5} \text{ C.} \\
 1 \text{ Gr. C.} &= 1\frac{1}{5} \text{ F.} = \frac{4}{5} \text{ R.}
 \end{aligned}$$

Wenn man aber Reaumurische und Celsius'sche Grade auf Fahrenheit'sche, oder umgekehrt diese auf jene, reduciren will, so muß man nicht vergessen, daß Fahrenheit noch 32 seiner Grade unter dem Reaumurischen oder Celsius'schen 0 zählt. Um Celsius'sche Grade in Fahrenheit'sche zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl von 150 ab, weil Celsius von oben herunter zählt, multiplicirt den Rest mit 6, dividirt das Product durch 5, (weil 180° F. mit 150 des Celsius, oder 6 mit 5 übereinkommen;) zu dem Quotienten addirt man noch 32, weil Fahrenheit diese noch unter dem natürlichen Frospuncte hat. Um Celsius'sche Grade in Reaumur'sche zu verwandeln, so zieht man die gegebene Anzahl Grade von 150 ab, multiplicirt den Rest mit 8 und dividirt das Product durch 15, weil 80° R. mit 150° Celsius, oder 8 mit 15 übereinkommen; und um die Celsius'schen Grade auf Celsius'sche zu bringen, so verfährt man eben so, multiplicirt den Rest mit 2 und dividirt das Product durch 3, weil 100° C. mit 150° Celsius, oder 2 mit 3 übereinkommen.

Umgekehrt, um Fahrenheit'sche, Reaumur'sche oder Celsius'sche Grade in Celsius'sche zu verwandeln, so zieht man die gegebene Anzahl der ersten von 212, der andern von 90, der dritten von 150 ab; multiplicirt den Rest der ersten mit 5, der andern mit 15, der dritten mit 3; und dividirt das Product der ersten mit 6, der andern mit 2, der dritten mit 2, so giebt der Quotient die Celsius'schen Grade an.

Allgemeine Formeln zur Vergleichung der Thermometersgrade verschiedener Scalen hat Hr. Hindenburg gegeben. (*Carol. Frider. Hindenburg Pr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae.* Lips. 1791. 4.).

Bequem sind die Vergleichungsthermometer (*Thermomètres de comparaison*), wo man die angeführten verschiedenen Scalen zugleich aufträgt.

van Swinden Diss. sur la comparaison des thermomètres. à Amsterd. 1778. 8.

§. 506. Da die Hitze des kochenden Wassers nur bey einerley Druck der Atmosphäre unveränderlich ist, und das Wasser bey größerm Druck der Atmosphäre eine größere, bey geringerm eine geringere Hitze zum Sieden erfordert, so sieht man leicht, daß der Siedepunct nicht unveränderlich ist. Daher ist es zur genauen Bestimmung des Fundamentalabstan-

des

des nöthig, den Siedepunct entweder nur bey einer bestimmten Normal- Barometerhöhe zu suchen oder ihn bey einer andern Barometerhöhe darnach zu berücksichtigen. Die von der königlichen Societät zu London zur Berichtigung dieses Gegenstandes niedergelegten Commissarien, *Cavendish, de Luc, Maskelyne* und *Horsley*, rathen an, den Siedepunct am Thermometer entweder bloß im Dampfe des siedenden Wassers zu bestimmen, das in einem verschlossenen Gefäße kocht, in welchem die Dämpfe sich selbst den Ausgang verschaffen können; doch so, daß das siedende Wasser selbst die Thermometerkugel nicht berührt; oder die Kugel des Thermometers in das kochende Wasser selbst zwey bis drey Zoll tief einzusenken. Zur Normalhöhe des Barometers bestimmen sie für die erstere Methode 29,8 engl. Zoll, die 27 $\text{Z. } 11,538 \text{ l.} = 335,538 \text{ lin. parif.}$ gleich sind; für die zweyte aber 29,5 engl. Zoll, die mit 27 $\text{Z. } 8,16 \text{ l.}$ oder 332,16 linien parif. übereinkommen. Da nun genaue Versuche lehren, daß eine Aenderung des Barometerstandes von $29\frac{1}{2}$ bis $30\frac{1}{2}$ Zoll engl. (332,16 lin. bis 343,42 l. parif.) eine Aenderung des Siedepunctes von 80,54 Gr. auf 81,25 Gr. Reaum. machte, oder, daß um Einen Zoll (engl.) Zunahme des Barometerstandes der Siedepunct um 0,71 Gr. Reaum. = 1,59 Gr. Fahrh. höher zu liegen kommt; da folglich jede Aenderung des Barometerstandes um 0,114 $\text{Z. engl.} = 1,283 \text{ linien parif.}$ eine Aenderung des Siedepunctes von 0,114 . 1,59 = 0,181 Gr. Fahr., d. i., eine Aenderung um $\frac{1}{1000}$ des ganzen Abstandes

N 2

zwischen

zwischen dem Siedepuncte und natürlichen Gefrierpuncte zumege bringt: so hat man daraus folgende Regel zur Berichtigung des Siedepunctes festgesetzt: Man beobachte zu der Zeit, da man den Siedepunct am Thermometer bestimmt, die Barometerhöhe, und wenn sie um n . 0,114 Z. engl. (oder n . 1,28 Linien parisi.) höher oder niedriger ist, als die Normalhöhe des Barometers seyn muß, so muß man den gefundenen Siedepunct um $\frac{n}{1000}$ seines Abstandes

vom Gefrierpuncte tiefer herab oder höher hinauf setzen. — Das Wasser, worin man den Siedepunct bestimmt, muß reines, destillirtes oder Regenwasser seyn, indem Salztheile sonst den Siedepunct erhöhen können.

Bericht einer von der Königl. Soc. der Wissensch. zu London niedergesetzten Commission, über die beste Methode, die festen Puncte des Thermometers zu bestimmen, a. d. *philos. transact.* Vol. LXVII. P. II. No. 37. überf. in dem Samml. zur Phys. und Naturgesch. N. I. S. 643. ff. Luz vollständige Besch. von Barometern, Kap. S. 32. Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 336. ff.

§. 507. Zur Bestimmung des untern Punctes am Fundamentalabstande wählet man die Temperatur des vergehenden reinen Schnees oder reinen Eises, worein man das Thermometer senkt und hinlängliche Zeit darin stehen läßt. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Thermometer in eben gefrierendes Wasser setzt. Der künstliche Frostopunct aus Schnee und Salmiak ist sehr unzuverlässig.

de Luc a. a. O. Th. I. S. 438. c. Luz Anweis., Thermometer zu verfertigen, S. 122. — 129.

§. 508.

§. 508. Thermometer, welche mit der nöthigen Genauigkeit verfertigt und mit einerley Flüssigkeit gefüllt sind, harmoniren mit einander oder zeigen bey gleichen Aenderungen der Wärme oder Kälte einerley Grade an. Wenn man aber auch noch so genau bey ihrer Verfertigung verfährt, so bleiben sie doch noch einigen kleinen, schwerlich abzuhelfenden, Mängeln ausgesetzt, die besonders darin bestehen, daß die Wärme oder Kälte nicht allein die Flüssigkeit des Thermometers ausdehnt oder zusammenzieht, sondern daß auch das Glas der Kugel und Röhre so wie die Scale selbst diese Veränderungen erleidet.

Noch ist hier zu bemerken, daß die Röhre achbia calbria nach von einem hinlänglich kleinen Durchmesser des Innwendigen der Röhre und einer schwachen Länge sey, daß Quecksilber gehörig von Luft gereinigt und überhaupt in der möglichsten Reinigkeit angewendet werde.

Thermometer mit kleinern Kugeln sind empfindlicher, als die mit größern. Die Kugel des Thermometers muß zu genauen Beobachtungen das Dret nicht berühren.

In den Schriften über die Verfertigung der Thermometer gehört noch außer den oben (§. 491.) angeführten: Strechmeyers Anleitung, übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Götting. 1775. gr. 8.

§. 509. Größere Grade der Hitze, die über den Siedepunct des Quecksilbers gehen, und die wir folglich nicht mehr durch unsere damit gefüllte Thermometer messen können, weil das Quecksilber dann seinen Aggregatzustand der tropfbaren Flüssigkeit ändert und in Dampf verwandelt wird, hat man durch Pyrometer zu messen gesucht. Die metallenen sind sehr unvollkommene und unzulängliche Werkzeuge. Es gehören hierher:

1) Mortimers Metallthermometer.

A discourse concerning the usefulness of thermometers in chemical experiments — with the description and uses of a metalline thermometer, newly invented by *Cromwell Mortimer*; in *den philos. transact.* Vol. XLIV. 1735. No. 434. *Append. C.* 672. *Gehlers phys. Wörterb.* Th. IV. S. 359.

2) Des Grafen von Löser Metallthermometer.

Thermometri metallici ab inventione Comitiss Locferi descriptio, auct. *Io. Dan. Titio*, Lips. 1765. 4. *Eberts hards Naturlehre* S. 364.

3) Zeibers Metallthermometer.

Thermometri metallici descriptio, auct. *I. Ern. Zeibers*; in *den nov. comment. petrop.* T. IX. S. 305. ff.

§. 510. *Wedgwoods Pyrometer* macht allen andern den Vorzug streitig. Es gründet sich auf das Vermögen des Thons, in der Hitze zu schwinden, ohne sich durch plötzliche Erkältung wieder auszudehnen. Auf eine messingene Platte sind messingene Stäbe geschnitten, die etwas schräg gegen einander laufen und so eine allmählig enger werdende Nute bilden, in welche die zum Gebrauche dienenden thönernen Würfel hinein geschoben werden. Um nun den Grad der Hitze eines Ofens zu messen, legt man einen thönernen Würfel hinein und wirft ihn sogleich, nachdem er die Hitze des Ofens angenommen hat, in kaltes Wasser. Der Würfel geht desto tiefer in die Nute des Pyrometers hinein, je schmaler seine Seite durch die Hitze geworden ist. An der Stelle, wo der Würfel stecken bleibt, steht auf den Stäben eine Zahl, die den Grad der Hitze anzeigt. Es versteht sich, daß man immer einerley Art Thonwürfel zu diesem Pyrometer brauchen müsse.

Philosophical transactions, Vol. LXXII. und LXXIV.

Grener

**Freier Wärmestoff und dessen
Verbreitung.**

§. 511. Um jeden erhitzten Körper herum verbreitet sich, der Erfahrung zu Folge, die Kraftäußerung auf unser Gefühl und aufs Thermometer, wodurch wir eben auf das Daseyn des Wärmestoffes schließen, nach allen Richtungen zu, und zwar mit abnehmender Intensität. Der Wärmestoff ist also eine expansibele Flüssigkeit (§. 131.), und um jeden erhitzten Körper herum kann man sich also eine Sphäre des Wärmestoffes von unbestimmter Größe vorstellen, in welcher bey der weitem Verbreitung des Wärmestoffes seine Expansivkraft abnehmen muß, wie seine Dichtigkeit abnimmt.

§. 512. Der Wärmestoff ist ferner eine rein-expansibele Flüssigkeit (§. 133), und seine Theilchen folgen ihrer abstoßenden Kraft ungehindert, ohne zugleich von der Schwerkraft afficirt zu werden. So strömen die freien Wärmestoffstheilchen mit dem Lichte von der Sonne nach allen Richtungen aus, ohne durch Schwere an die Sonne gefesselt zu seyn, und so gehen sie von der Erde da, wo sie frey und in ihrer Expansivkraft thätig zu werden anfangen, nach allen Richtungen, ohne gegen den Mittelpunct der Erde zu gravitiren. Sie können daher nicht, wie die schwere Luft (§. 423.), um die Erde herum eine bleibende Atmosphäre bilden. Da der Wärmestoff also nicht schwer ist, so können auch seine Quantitäten gar nicht durchs Gewicht bestimmt werden, und seine Vermeh-
rung

zung und Verminderung in den Körpern kann, wie auch die Erfahrung lehrt, das Gewicht des Körpers weder vermehren noch vermindern. Der Wärmestoff ist demnach als inponderable Substanz zu betrachten.

§. 513. Der Wärmestoff ist ursprünglich expansibel (§. 132.. Wir kennen nämlich keine Substanz, und keine einzige Erfahrung zeigt uns eine solche, von der wir die Expansibilität des Wärmestoffes ableiten könnten.

§. 514. Diesen Umständen zu Folge müßte der Wärmestoff sich von dem Orte aus, wo er frey wird, ins Unendliche verbreiten, und seine Dichtigkeit, folglich seine Expansivkraft oder seine Kraftäußerung, müßte daher endlich Null werden, weil er seiner Verbreitung durch sich selbst und durch seine eigene Ausspannungskraft nicht Grenzen setzen kann. Dies würde auch geschehen, wenn nicht, wie die Folge lehren wird, dem freyen Wärmestoffe durch Anziehungskräfte anderer Materien dagegen in seiner Ausspannungskraft Grenzen gesetzt, und er also dahin gebracht werden könnte, seinen Raum mit Beharrlichkeit zu erfüllen.

§. 515. Zur anschaulichern Erklärung gewisser Phänomene kann man sich zwar die Verbreitung des Wärmestoffes in Strahlen (strahlender Wärmestoff), oder so vorstellen, daß die Theilchen desselben von dem Orte aus, wo sie frey werden, sich geradlinig divergirend verbreiten, wie Kugeln einer Kugel
vom

vom Mittelpuncte derselben nach der Fläche derselben gehen; allein in der Wirklichkeit ist diese atomistische Vorstellungsart nicht gegründet. Der Wärmestoff muß vielmehr als elastisch-flüssiges Wesen, auch bey der größten Dünne, seinen Raum mit Continuität erfüllen.

§. 516. Es folgt aus der Verbreitung des Wärmestoffes, daß die Stärke dieses Ausflusses aus einem Puncte, oder die Quantität der Wärmetheilen, die davon zu einer gegebenen Fläche gehen, im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen abnehme. Erfahrungen hierüber mit dem Thermometer können den Satz nicht beweisen, da dasselbe nicht die Quantitäten des Wärmestoffes anzugeben vermag (§. 494.).

Lamberts Pyrometrie, oder vom Maasse des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4. S. 201. ff. Marc. Aug. Deluc's Versuch über das Feuer. U. d. Franzöf. Tübingen 1790. 8. ff. 31.

§. 517. Die Beschleunigung der Expansivkraft, die die Theilchen des Wärmestoffes in Bewegung setzt, ist, wie die Wirkung auf den Lichtstoff lehrt, so groß, daß die Bewegung der freyen Wärmetheilen für Versetzungen aus einem Orte in den andern bey unsern Versuchen auf der Erde instantan zu seyn scheint. Für sehr große Räume würde die Geschwindigkeit allerdings meßbar seyn.

Picard's Vers. 1. 64 — 67.

§. 518. Die Intensität der Hitze oder Wärme hängt von der Quantität der freyen Wärmetheilen in einerley Raume oder ihrer Dichtigkeit ab, mit welcher ihre Expansivkraft im Verhältnisse seyn muß. Die
durch

durch ihre Wirkung aufs Thermometer bestimmten Intensitäten der Hitze nennen wir auch die *Temperaturen* (*Temperies*) der Körper.

§. 519. Wenn man einem Körper, dessen Temperatur über die des umgebenden Mediums und des darin befindlichen Thermometers merklich erhöht ist, ein empfindliches Thermometer nähert, auf welcher Seite man will, so zeigt das Thermometer eine höhere Temperatur. Diese erhöhte Temperatur bleibt aber nicht beständig, sondern sie kommt nachher allmählig wieder zu der Temperatur des umgebenden Mediums zurück. Dies folgt aus der Verbreitung des Wärmestoffes. Jeder erhitzte Körper, (wenn er nicht einer dauernden Quelle neuer Wärme ausgesetzt ist,) verliert so nach und nach seinen Ueberschuß der Temperatur über die umgebenden, und es ist kein Körper der Erde bekannt, der vermögend wäre, die höhere Temperatur zurückzuhalten, und keiner, welcher vermögend wäre, einen in ihm eingeschlossenen erhitzten Körper in der höhern Temperatur über die des umgebenden Mittels zu erhalten und die Zerstreung des von ihm aus tretenden Wärmestoffes zu verhindern. Es giebt also für den Wärmestoff keine undurchdringliche Hülle.

§. 520. Nach der atomistischen Vorstellungsart erklärt man das Warmwerden der Körper und die Zunahme ihrer Temperatur aus dem in ihre leeren Zwischenräume tretenden und durch sie strömenden Wärmestoffe und dessen zunehmender Dichtigkeit: aber hiernach würden nur die vermeinten leeren Zwischenräume der Körper warm seyn; die materiellen Theile müßten

müßten absolut kalt seyn. Es geht hier vielmehr eine wahre chemische Durchdringung vor, wie bey den Auflösungen (§. 182.).

Eigentlich wird aller Wärmestoff, der andern Materien zugesührt wird, durch ihre Anziehung dagegen aufgenommen, und er durchdringt sie nur zu Folge dieser Anziehung, wie das Licht die durchsichtigen Körper, was in der Folge beim Lichte näher aus einander gesetzt werden wird. Eine mechanische Durchdringung ist nicht möglich (§. 37.).

§. 521. Nur derjenige Wärmestoff in Körpern ist warm-machend, dessen Expansivkraft thätig ist oder thätig wird; nur dieser wirkt aufs Gefühl und aufs Thermometer und heißt freyer Wärmestoff. Er erfüllt, so lange er frey ist, eben wegen seiner Repulsionskraft, seinen Raum nicht mit Beharrlichkeit; dies kann er nur, wenn seine ursprünglich bewegende Kraft durch die Anziehungskraft anderer Materien gegen ihn ins Gleichgewicht gebracht wird, so daß er nun mit ihnen zusammenhängt oder chemisch damit verbunden ist. Man nennt ihn dann unmerkbar, verborgenen, fixirten Wärmestoff (*Caloricum fixum*).

§. 522. Die Temperatur eines Körpers (§. 518.) hängt also nicht von der Quantität des darin befindlichen Wärmestoffes überhaupt, sondern von der des freyen Wärmestoffes ab, der durch ihn dringt oder aus ihm tritt.

§. 523. Wenn ein Körper eine höhere Temperatur hat, als ein anderer, der mit ihm zusammengebracht wird, so pflanzt sich die Wärme aus jenem in diesen fort, und der kältere entzieht den Ueberschuß:
der

der Wärme dem wärmern. Der eine verliert also; und der andere überkommt; und dies dauert so lange; bis das Thermometer in beyden eine gleichförmige Temperatur anzeigt.

§. 524. Da aus einem warmen oder erhitzten Körper nur in so fern Wärmetheilchen weggeführt werden, in so fern die umgebenden Körper weniger warm sind, so sagt man, daß die Wärme eines Körpers, oder eines umgebenden Mittels, allemal einem gleich großen Grade von Wärme in dem andern Körper das Gleichgewicht halte.

§. 525. Bey diesem Gleichgewichte des Wärmestoffes in Körpern von einerley Temperatur muß man aber nicht die Vorstellung haben, daß derselbe durch sich selbst zurückzuhalten sey, oder daß er sich durch den Gegendruck des eben so elastischen Wärmestoffes in einer gleichförmigen Spannung oder Dehnung befinde, wie etwa zwey mit Federkraft begabte Stahlfedern, oder Polster, oder zwey Portionen eingeschlossener Luft im Gleichgewichte sind. Diese Idee streitet schlechterdings mit der Natur des freyen Wärmestoffes, der, wie das Licht, nie mit Beharrlichkeit seinen Raum erfüllt und für den es keine undurchdringliche Hülle giebt.

Die Vorstellung von Spannungen und darauf gegründeten absoluten und specifischen Elasticitäten des Wärmestoffes legt Hr. Mayer in seiner sonst sehr schätzbaren Abhandlung zum Grunde: Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffes, von Joh. Tob. Mayer. Erlangen 1791. 8.

§. 526. Das Gleichgewicht der Wärme besteht vielmehr in der Gleichheit der durch die Verbreitung

des

des freyen Wärmestoffes hervorgebrachten Wechsel. Wenn sich nämlich zwey benachbarte Körper wechselseitig eine gleiche Anzahl Wärmetheilchen in einer gegebenen Zeit zuschicken, oder, mit andern Worten, wenn in einerley Zeit in den einen Körper so viel freye Wärmetheilchen aus dem andern strömen, als von ihm zu demselben treten; so ändert sich natürlicher Weise die Temperatur nicht, da die Quantität der freyen Wärmetheilchen in den Körpern gleich bleibt und von derselben die Temperatur abhängt. Gesezt aber, es verliöre in dem einen Körper die Wärmematerie ihre bewegende Kraft zur Verbreitung, so würde ihm von dem andern Körper mehr davon zuströmen, als er jenem wieder zusendet, und so würde die Temperatur in jenem abnehmen; und dies würde so lange dauern, bis die Wechsel ihrer Wärmetheilchen wieder gleich wären.

Recherches physico-mécaniques sur la chaleur, par Pierre Prevost. à Geneve et Paris 1792. 2. C. 10. ff.

§. 527. Wenn also ein Körper in einerley Zeit eben so viel freye Wärmetheilchen ausströmt, als er empfängt, und umgekehrt, so ist seine Temperatur dauernd. Wenn er mehr empfängt, als er ausströmt, ohne diese empfangenen Wärmetheilchen zu binden oder ihnen durch seine Anziehungskraft Schranken zu setzen, so wird seine Temperatur zunehmen, d. h., er wird erhitzt werden. Wenn er hingegen mehr auswendet, als er empfängt, so wird seine Temperatur vermindert werden, d. h., er wird erkältet.

§. 528.

§. 528. Wenn sich eine Quelle von Wärme öffnet und die ihr ausgesetzten Körper die davon ausfließenden Wärmetheilchen in größerer Menge empfangen, als sie dahin ausströmen, so werden sie erhitzt werden. Da sie aber in einer gegebenen Zeit nur eine bestimmte Quantität davon empfangen können, so muß auch eine gewisse Zeit für sie nöthig seyn, um einen gegebenen Grad von Temperatur zu erreichen oder bis zu einem gewissen Grade erhitzt zu werden. Wenn wir nun hierbey nicht nur Massen und Volumina, sondern auch die Natur der Körper, folglich ihre Leitungskraft für die freye Wärmematerie, gleich setzen, so folgt, daß ihre durch die Mittheilung erhaltene Temperatur von der Zeit und der Intensität des Wärmestoffes abhängen muß.

Wenn also ein Körper gleichförmig eine Zeit hindurch Wärme ansströmt und als eine ununterbrochene Quelle des Wärmestoffes anzusehen ist, so wird ein Thermometer, in einer gewissen Entfernung davon eine kurze Zeit gehalten, nicht so hoch steigen, als in einer längern Zeit. Und wenn eben dasselbige Thermometer zweyen Wärmequellen, deren Intensitäten verschieden sind, gleich stark genähert wird, so wird es in einerley Zeit nicht von einerley Temperatur zu gleichen Graden steigen, sondern durch den heißern Körper höher, als durch den minder heißen.

§. 529. Es ist also die Zunahme der Temperatur eines und desselbigen Körpers, (so lange seine Natur unverändert bleibt,) in einer gegebenen Zeit der Intensität der Wärme des wärme-verbreitenden Körpers proportional. Eben so ist auch klar, daß sie sich wie die Zeit verhalten muß, wenn die Intensität der Quelle der Wärme beständig und unveränderlich ist und aus dem erwärmten Körper kein Wärmestoff

stoff wieder ausströmen oder sonst verschluckt werden kann.

§. 530. Aus beyden Sätzen zusammen folgt demnach: daß die Anhäufung der freyen Wärmematerie in einem Raume, aus dem sie nicht wieder herv austritt, in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Zeit und der Intensität der Wärme des die Wärme zuführenden Körpers sey, oder sich verhalte, wie die Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursache multiplicirt mit der Zeit.

Prevost recherches, §. 12 — 15.

§. 531. Wenn die Temperatur eines Körpers gleich bleibt, so wird die aus ihm ausströmende Wärmematerie ebenfalls in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Intensität seiner Wärme und der Zeit seyn. Wenn also die Zeit gleich ist, so wird ein und derselbige Raum oder Körper, der noch einmal so heiß, oder worin die Dichtigkeit des freyen Wärmestoffes noch einmal so groß ist, doppelt so viel Wärmematerie ausschicken. Und wenn die Intensität seines freyen Wärmestoffes gleich bleibt, (immer wieder gleichförmig ersetzt wird,) so wird er in der doppelten Zeit noch einmal so viel Wärmestoff ausströmen.

Prevost recherches, §. 16.

§. 532. Jeder Körper, der Wärmestoff mitgetheilt erhält, strömt zu gleicher Zeit auch Wärmestoff aus; und die Erhizung desselben ist daher nur die Differenz der Quantitäten dieser ein- und ausströmenden Wärmethelchen.

§. 533.

§. 533. Die Erhitzung oder Erkältung eines der Luft ausgesetzten Körpers ist, wenn die Temperatur der Luft gleich bleibt, in gleichen Zeittheilen der Differenz der anfänglichen Temperaturen gleich. Dieses Gesetz folgt aus dem vorhergehenden ungezwungen, und Richmann hat es durch eine Reihe sinnreicher Versuche zu bestätigen gesucht.

Inquisitio in legem. Scendum quum calor fluidi in vase contenti certo temporis intervallo in temperie aëris constanti eodem decreseat, vel crescat; et detectio eius. auct. Geog. Wilh. Richmann; in den nov. comment. petrop. T. I. S. 191. Lambert a. a. D. S. 295. ff. Prevost recherches, S. 18.

§. 534. Wenn ein erhitzter Körper in einem kalten Mittel sich befindet, dessen Temperatur sich gleich bleibt, so führt die Expansion des Wärmestoffes in jedem Augenblicke einen Theil der Wärme des Körpers weg, welcher der in ihm zurückbleibenden Wärmemenge proportional ist.

Wenn z. B. der Körper $\frac{7}{8}$ seiner innern Wärme in einem Augenblicke verliert, so werden nach dem ersten Augenblicke noch $\frac{7}{8}$ seiner primitiven Wärmemenge übrig bleiben; er wird im zweiten Augenblicke wieder $\frac{7}{8}$ von diesen $\frac{7}{8}$ verlieren, und es werden $\frac{7}{8}$ von den $\frac{7}{8}$ der primitiven Wärmemenge übrig bleiben, u. s. f.

Newton opusc. T. II. S. 423. und Princip. philos. nat. L. III. Prop. VIII. Cor. IV. Richmann a. a. D. S. 195. Lambert a. a. D. S. 298. Prevost a. a. D. S. 29.

§. 535. Diesem Gesetze gemäß geschieht die Erwärmung oder Erkältung eines Körpers in einem Mittel, dessen Temperatur constant ist, dergestalt, daß die Unterschiede seiner Wärme von der des Mittels in einer geometrischen Progression sind, während die Zeiten der Erhitzung oder Erkältung in arithmetische
 Pro

Progression fortgehen. Die Fortschritte der Veränderungen der Temperatur des Körpers werden deshalb auch in gleicher Zeit immer kleiner.

Anwendung von diesem allgemeinen Gesetze der Erkältung oder Erhitzung in Fällen, wenn die sich die Wärme mittheilenden Körper beide die Temperatur ändern, hat *Predesi a. a. O.* §. 20.

§. 536. Die Erkältungen erhitzter Körper in einem Mittel, dessen Temperatur sich gleich bleibt, sind nach *Richmann* im geraden Verhältnisse ihrer Oberflächen und im umgekehrten ihrer Massen.

Richmann a. a. O.

§. 537. Unser Körper enthält selbst eine Quelle zur Wärme in sich, so lange wir leben, wie der Körper aller warmblütigen Thiere, d. h., es wird in unserm Körper während seines Lebens beständig fester Wärmestoff zum freyen gemacht, der sich dem Körper mittheilt und den Antheil ersetzt, welchen wir nach den Gesetzen der Verbreitung des Wärmestoffes ohne Unterlaß an die uns umgebenden Mittel abgeben. Wenn nun ein anderer uns berührender Körper uns in einerley Zeit mehr freyen Wärmestoff mittheilt, als er von uns empfängt, so nennen wir ihn warm oder heiß. Wenn er hingegen in einerley Zeit mehr Wärmestoff von uns empfängt, als er uns mittheilt, so heißt er kalt. Kalte ist nichts Positives, sondern etwas Negatives. Absolute Kälte, oder das wahre Null am Thermometer, kennen wir nicht.

§. 538. Wenn es für den freyen Wärmestoff eine undurchdringliche Hülle gäbe, so würde der dar-

in eingeschlossene Körper stets die Temperatur behalten, die er einmal hat, da die Intensität seines Wärmestoffes durch Verbreitung nicht geschwächt würde. Es existirt aber keine Materie in der Natur, die für die Wärmetheilchen undurchdringlich wäre (§. 518.).

§. 539. Die Erfahrung lehrt aber, daß die verschiedenen Körper den Wärmestoff nicht gleich schnell durchlassen und bei gleicher Temperatur einen und eben denselben in ihnen eingeschlossenen Körper von der höhern Temperatur, bei übrigens gleichen Umständen, nicht in gleichen Zeiten um gleich viel Grade abkühlen lassen. So lehren schon alltägliche und gemeine Erfahrungen: daß wir durch wollene Kleider und Bedeckungen uns mehr vor der Kälte schützen können, als ohne diese; daß wir uns in Federbetten auch in Zimmern, die unter dem Gefrierpunkte kalt sind, in der zum Leben nöthigen Temperatur unsers Körpers erhalten können, wenn wir daselbst in einer Hülle von Metall unfehlbar erstarren müßten; daß ein erhitzter Körper schneller im Wasser abgekühlt wird, als in Luft von eben der Temperatur; daß Bäume mit Stroh umwunden vor dem Winterfroste besser geschützt werden, als ohne diese Bedeckung; daß es unter Strohdächern im Sommer kühler und im Winter wärmer ist, als unter Ziegeldächern; daß Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen den Eindrang der äußern Wärme ungleich länger abhalten, als mit steinernen Wänden; daß eine Eisenstange mit einem hölzernen Handgriffe sich an diesem ohne Verletzung

lung der Hand anfassen läßt, wenn sie an ihrem Ende glühend gemacht wird, da sie hingegen mit dem metallenen Handgriffe bald eine verletzende Wärme erlangen würde; daß unter der Hülle des Schnees die Temperatur des Bodens weit länger warm bleibt, als wenn er von der Luft allein berührt wird; daß wir unter Asche erwärmte Flüssigkeiten länger warm erhalten können, als in der Luft; u. dergl. m.

§. 540. Wir schreiben dießemnach demjenigen Körper, der die Wärmetheilechen schneller durch sich durchläßt, als ein anderer, oder der in kürzerer Zeit bei gleicher Oberfläche durch einenen Wärmestrom von eineren Temperatur zu einer gleichen Anzahl von Graden erhitzt wird, eine größere wärme-leitende Kraft zu, als einem andern, und gründen hierauf den Unterschied zwischen guten und schlechten Leitern für die Warm-materie. Einen vollkommenen Nichtleiter für die Wärme giebt es nicht.

§. 541. Indessen herrschen bey den Physikern zum Theile noch widersprechende Vorstellungen von dem, was sie unter wärme-leitender Kraft der Körper verstehen, und sie haben sich noch nicht gehörig über den Begriff davon vereinigt. Wenn z. B. ein bis zum Siedepuncte erhitztes Thermometer in eine Masse schmelzenden Schnee gestellt wird, so wird es darin weit schneller zu der Temperatur des schmelzenden Schnees herabkommen, als in Luft von eben dieser Temperatur. Ich muß also dem schmelzenden Schnee eine stärkere wärme-leitende Kraft zuschreiben, als der Luft.

Luft. Wenn ich aber diese darnach bestimme, ob ein Körper schneller oder langsamer, folglich in kleinerer oder in größerer Zeit, bey gleichem Volum zu einerley Anzahl von Graden durch einerley Wärmestrom erhoben werden kann; so muß ich der Luft eine stärkere wärme-leitende Kraft zuschreiben, als dem Wasser, weil ich finde, daß sie weit schneller vom Gefrierpuncte an zu einer gewissen Temperatur kommt, als das Wasser.

§. 542. Man muß sich also erst über die Bestimmung der wärme-leitenden Kraft einverstehen. Ich bestimme sie daher, mit Hrn. Thompson, von dem wir die zahlreichsten Versuche über diesen Gegenstand haben, für das Vermögen der Körper, bey übrigen gleichen Umständen, die Abkühlung eines darin eingeschlossenen erhitzten Körpers schneller oder langsamer zuzulassen. Der Körper, der diese Abkühlung schneller zuläßt, ist ein besserer Leiter, als der, welcher sie langsamer oder in längerer Zeit zuläßt. Im gemeinen Leben nennen wir schlechte Leiter für die Wärme, z. B. Wolle, Federn, Haare, Pelzwerk, warme, auch warm-haltende Körper.

§. 543. Erst in neuern Zeiten hat man diesen Gegenstand, der in Ansehung des Nutzens, welcher sich von seiner Bearbeitung für Künste und Gewerbe und für die Gesellschaft überhaupt, so wie selbst für die Erklärung mehrerer Naturphänomene daraus ziehen läßt, so überaus wichtig ist, zu bearbeiten angefangen. Das Verfahren, dessen sich Herr Thompson
in

in seinen neuern Versuchen bedient hat, besteht darin, ein empfindliches Quecksilberthermometer mit hinreichend breiter Scale in einen Glascolben mit einer Kugel so aufzuhängen, daß die Kugel des Thermometers in der Mitte der Kugel dieses Gefäßes steht; den Zwischenraum mit der Substanz, deren respective wärmeleitende Kraft man bestimmen will, zu gleicher Höhe auszufüllen, den Apparat in kochendem Wasser bis zu einerley Temperatur zu erhitzen, hernach in einer kaltmachenden Mischung aus Eis und Wasser von hinlänglicher Masse wieder abzukühlen, und nach einer Secundenuhr genau die Zeit zu merken, welche verfließt, ehe das Thermometer von 70 Gr. R. bis 10 Grad herabfällt, und zwar von 10 Gr. zu 10 Gr. Man sieht leicht, daß die Leitungskraft der Substanz für die Wärme im umgekehrten Verhältnisse der gefundenen Zeit der Abkühlung stehen muß. Versuche über die wärmeleitende Kraft der Körper haben Richmann, Thompson, Ingenhousz, Picot und Mayer angestellt. Die Resultate, die sie daraus ziehen, weichen oft von einander ab.

New Experiments upon Heat. by Colon. Sir Benjam. Thompson, Lond. 1786. 4. Experiments upon Heat, by Major-General Sir Benjam. Thompson; in den *philos. transact.* 1792. P. I. S. 48. ff. Versuche über die Wärme, vom General-Major Hrn. Benj. Thompson, in *Grens Journ. der Physik*, B. VII. S. 246. ff. Mayer vom Wärmestoffe S. 228. ff. Ueber das Gesetz, welches die Leitungsstärke der Körper für die Wärme befolgen, vom Hrn. Hsfr. Mayer; in *Grens Journ. der Physik*, B. IV. S. 22. Ingenhousz über die Leitungskraft der Metalle für Wärme; ebendasselbst B. I. S. 154. Picot Vers. über das Feuer, Kap. 4 — 9. 6.

§. 544. Die wärmeleitende Kraft der Körper hängt hauptsächlich von dem Vermögen derselben ab,

die

die freye Wärmematerie durch ihre Anziehung dagegen zur unmerklichen zu machen. Ist nämlich ein erhitzter Körper mit einem kältern umgeben, der den freyen Wärmestoff schnell bindet, so wird der aus ihm auf den kältern strömende Wärmestoff schnell und leicht zur latenten Wärme gemacht, die nicht wieder zurückstrahlt, und der erhitzte Körper verliert so desto leichter seinen Ueberschuß der Temperatur oder seinen freyen Wärme.

Die wärmeleitende Kraft des leeren Raums, wovon Herr Thompson spricht, ist nichts anderes, als die wärmeleitende Kraft der Hülle, die den leeren Raum begrenzt, und hauptsächlich in den Versuchen der Herren Thompson und Nicot die wärmeleitende Kraft des Glases.

Auch die Erscheinung, daß in Zimmern, worin z. B. durch Verbrennen von Oehl u. dergl. sich rußhaltiger Dampf bildet, an der Decke derselben mit der Zeit die Stellen, wo die Balken laufen, durch ihre weißere Farbe erkennbar werden, gründet sich auf die schlechter leitende Beschaffenheit des Holzes für Wärme.

Aus der verschiedenen wärmeleitenden Kraft läßt sich nun auch leicht erklären, warum ein Stück Metall und ein Stück Holz, beide von gleicher, aber niedrigerer Temperatur als unser Körper, sich nicht gleichförmig kalt beim Anfassen zeigen.

§. 545. Der Wärmestoff, der bey seiner Verbreitung auf die Fläche eines andern Körpers trifft und davon nicht angezogen wird oder sie nicht durchdringt, wird nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper (§. 303.) davon wieder zurückgeworfen, und strömt unter eben dem Winkel von der reflectirenden Fläche zurück, unter dem er darauf stieß. Die Erscheinungen des Wärmestoffes, der sich in Vereinigung mit dem Lichte verbreitet, bestätigen dies am besten, wie die Folge lehren wird.

Hier

Hierher gehören Diction's Versuche über die Zurückstrahlung der dunkeln Wärme durch Hohlspiegel und über die so genannte Zurückstrahlung der Kälte.

Diction a. a. O. Kap. 3.

§. 546. So lange zwei Körper gleichartig bleiben, so kann es gar keinem Zweifel unterworfen seyn, daß, wenn die Temperaturen derselben gleich sind, die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes sich darin verhalten wie die Massen oder Volumina. Der Wärmestoff mag darin Abänderungen seiner Expansivkraft erleiden oder nicht, so wird im erstern Falle dies immer auf gleiche Art geschehen.

§. 547. Es folgt hieraus, daß, wenn zwei gleichartige Körper von ungleichen Temperaturen mit einander gleichförmig vermengt werden, sich die Wärmemenge beider zusammen gleichförmig durch das ganze Gemenge ausbreiten, und die Vertheilung des Ueberschusses des freyen Wärmestoffes den Voluminibus oder Massen derselben proportional seyn müsse. Die Erfahrung bestätigt diese von Richmann angegebene Regel vollkommen, wenn man das zugleich in Anschlag bringt, was von der Wärme während des Zusammenmischens an die umgebende Luft oder das Gefäß, worin man die Mischung macht, tritt.

Wenn also T, t die verschiedenen Grade der Temperatur der zu vermengenden gleichartigen Körper, M, m ihre Massen oder Volumina anzeigen, so ist die Temperatur nach der Vermengung, oder x , = $\frac{T \cdot M + t \cdot m}{M + m}$. Wenn $M = m$

ist, so ist $x = \frac{T + t}{2}$. Setzt, es werde 1 Pf. heißer

Sand von 180 Gr. F. mit 1 Pf. Sand von 40 Gr. vermenget, so wird die Temperatur nach der Vermengung $\frac{180 + 40}{2} = 110$ Gr. werden, oder der Ueberschuß, 140

Gr.,

Gr., in dem einen Pfunde wird sich unter beide Pfunde gleichförmig vertheilen, so daß das wärmere Pfund $1\frac{1}{2}$ oder 70 Grad verliert, und das kältere dagegen $2\frac{1}{2}$ oder 70 Gr. erlangt. Aber, wenn 10 Pf. Wasser von 120 Gr. mit 6 Pf. Wasser von 40 Gr. vermischt werden, so wird die Temperatur nach der Vermischung $\frac{120 \cdot 10 + 40 \cdot 6}{10 + 6}$ = 127 $\frac{1}{2}$ Gr. werden.

Aus der F. mit: $x = \frac{T \cdot M + t \cdot m}{M + m}$, folgt, daß $M : m = x - t : T - x$; und man kann daraus finden, wie groß die Massen oder Gewichte zweyer gleichartiger Körper, deren verschiedene Temperaturen gegeben sind, seyn müssen, um aus ihrer Vermengung die verlangte Temperatur hervorzubringen. Man habe z. B. Wasser von 60 Gr. und von 120 Gr.; wie ist das Verhältniß von jedem, um eine Temperatur von 96 Gr. des Gemischten hervorzubringen? Antw.: $96 - 60 : 120 - 96 = 36 : 24 = 3 : 2$, d. h., man wird von dem Wasser von 120 Gr. 3 Theile, und von dem von 60 Gr. 2 Theile mit einander vermischen müssen, um 96 Gr. warmes zu erhalten.

De quantitate caloris, quas post miscelam fluidorum certo gradu calidorum oriri debet, cogitationes, auctore Geo. Willh. Richmann; in den nov. comment. petrop. T. I. S. 193. ff.

§. 548. Diese Regel findet aber gar nicht mehr Statt, so bald man ungleichartige Körper von verschiedenen Temperaturen mit einander vermengt. Hier vertheilt sich der Ueberschuß des wärmern nicht nach Verhältniß der Gewichte dieser Körper, und es sind vielmehr ungleiche Quantitäten des freyen Wärmestoffes nöthig, um in gleichen Gewichten gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Wenn z. B. 1 Pf. Quecksilber und 1 Pf. Wasser, welches letztere eine höhere Temperatur hat, als jenes, mit einander zusammengemengt werden, so wird die Wärme des Gemenges allezeit größer seyn, als das arithmetische Mittel der vorigen Temperaturen; wenn aber das Quecksilber heißer ist, als das Wasser, so wird die Temperatur kleiner seyn, als das arithmetische Mittel.

Wenn

Wenn 1. B. 1 Pf. Quecksilber von 110 Gr. F. und 1 Pf. Wasser von 44 Gr. mit einander vermengt werden, so sollte nach der vorläufigen Richmann'schen Regel die Temperatur des Gemenges 77 Gr. werden, sie wird aber nur 47 Gr.; und wenn das Quecksilber 44 Gr. und das Wasser 110 Gr. hat, so wird sie 107 Gr. Wenn also das Pf. Quecksilber 63 Gr. durch Vertheilung verliert, so gewinnt das Wasser nur 3 Gr.; und wenn hinwiederum das Wasser 3 Gr. verliert, so gewinnt das Quecksilber 63 Gr.

§. 549. Wenn also die Temperatur eines Körpers A um n Grade wächst oder vermindert wird, während die Temperatur des damit vermengten Körpers B von gleichem Gewichte um m Grade vermindert wird oder wächst: so können wir schließen: daß so viel Wärmetheilchen, als den Körper A um n Grade wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht von B um m Grade erwärmen; und daß, wenn A und B bey gleichem Gewichte gleiche Temperatur haben, die Quantitäten der freyen Wärmetheilchen darin sich verhalten wie $m : n$.

Weil in dem vorhergehenden Exempel die Wärme des Wassers bey der Vermengung mit gleich viel Quecksilber um 1 Gr. wächst oder vermindert wird, während die des Quecksilbers um 21 Gr. vermindert wird oder wächst; so schließt man, daß so viel Wärmetheilchen, als das Wasser um 1 Gr. wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht Quecksilber um 21 Gr. erwärmen. Wenn also Wasser und Quecksilber bey gleichen Gewichten gleiche Temperatur haben, so müssen die freyen Wärmetheilchen in jenem sich zu denen in diesem verhalten wie 21 : 1.

§. 550. Dieses Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmetheilchen in ungleichartigen Körpern bey gleicher Temperatur und gleichem Gewichte nennt man die *specifische Wärme* (Calor specificus) nach Herrn Wille, oder die *comparative Wärme*, auch die *Capacität der Körper für Wärme*, nach Herrn Crawford. Bestimmt man das Verhältniß bey gleichem

chem Volum, so nennt es Herr Wille die relative Wärme.

§. 551. Man bestimmt diese specifische Wärme der Körper aus den Veränderungen der Temperaturen, die sie zeigen, wenn sie in verschiedenen Temperaturen vermengt worden und hernach auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind. Wenn die Gewichte der Körper A und B gleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Veränderungen x, y der Temperaturen, nachdem sie auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind; oder es ist $m : n = y : x$, folglich $m = \frac{ny}{x}$. Wenn

die Gewichte P, p der zu vermengenden Materien ungleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Producte aus den Veränderungen x, y der Temperaturen in die Gewichte;

oder es ist $m : n = yp : xP$, folglich $m = \frac{nyp}{xP}$. Der

Erfinder dieser Formel ist Herr Irvine.

Ein Pfund Quecksilber von 110 Gr. mit 1 Pf. Wasser von 44 Gr. vermengt giebt eine Temperatur von 47 Gr. Die Veränderung der Temperatur des Quecksilbers, oder x , ist $110 - 47 = 63$; die des Wassers, oder y , ist $44 - 47 = 3$; folglich verhält sich die specifische Wärme des Quecksilbers, oder m , zu der des Wassers, oder n , wie $y : x = 3 : 63 = 1 : 21$; und es ist also $m = \frac{n}{21}$, wenn $n = 1$. Wenn 14 Pf. Quecksilber, oder P , von 100 Gr. mit 1 Pf. Wasser, oder p , von 50 Gr. vermengt werden, so wird vermöge der Erfahrung die gleichförmige Temperatur nach der gehörigen Vertheilung der Wärme 70 Gr. Hier ist also $x = 100 - 70 = 30$, y hingegen $= 70 - 50 = 20$, folglich $m : n = py : Px = 1 \cdot 20 : 14 \cdot 30 = 20 : 420 = 1 : 21$; das ist, wie vorher.

§. 552. Der Erste, der hierüber Erfahrungen angestellt hat, war Herr Wille. Herr Black und Jr.

Irene hatten sich zwar auch schon mit diesem Gegenstande beschäftigt; die Resultate ihrer Untersuchungen wurden aber erst nachher durch Herrn Crawford bekannt gemacht, der selbst mit vieler Sorgfalt die specifische Wärme verschiedener Körper zu bestimmen gesucht hat. Man hat so die Resultate dieser Versuche in Tabellen gebracht und die specifische Wärme des Wassers dabei zur Einheit gesetzt. Diese Versuche erfordern aber außerordentlich viel Genauigkeit, wenn die Resultate nicht zu sehr von der Wahrheit abweichen sollen. Eine Hauptregel dabei ist, keine solche Substanzen mit einander zu vermengen, die eine chemische Wirkung auf einander äußern, sich wechselseitig auflösen, oder ihre Form ändern, oder ein zusammengesetztes neues Product geben, weil dabei, wie die Folge lehren wird, aus den Körpern selbst Wärmetheilchen frey oder verschluckt werden können, die die berechnete Temperatur erhöhen oder vermindern. Herr Crawford hat diese Regel nicht immer beobachtet, und eben deswegen sind viele seiner Resultate unzulässig. Viele Naturforscher verwechseln übrigens noch die latente Wärme mit dieser specifischen; was ganz irrig ist. Die letztere ist nur Verhältniß der freyen Wärmetheilchen in Körpern bey gleichen Temperaturen und Gewichten.

Const ist bey Anstellung der Versuche über die specifische Wärme der Körper zu merken: 1) daß dazu Quecksilberthermometer gehören, die nicht nur sehr genau, sondern auch sehr empfindlich sind; 2) daß die Wärme, die während der Vermengung an die umgebende Atmosphäre abgesetzt wird, gehörig berechnet wird; 3) daß die kältere Substanz die Temperatur der Luft im Zimmer habe; 4) daß die specifische Wärme des Gefäßes, worin die Vermengung vorgenommen wird, selbst gehörig bestimmt und der Einfluß desselben in

Zusatz gebracht sey; 5) daß die Unterschiede der sehr niedrigen Temperatur so wohl als der sehr großen vermieden werden; und 6) daß die Volumina so viel als möglich gleich genommen werden.

Wegen der Nichtbeobachtung der im §. angeführten Hauptregel bey diesen Versuchen sind daher von Herrn Crawfords Erfahrungen die Resultate zu verwerfen, die er bey der Bestimmung der comparativen Wärme der Metalle, der Asche, des Holzes, der brennbaren Luft, des Weizens, der Hafergrünze, der Bohnen, der Getreide, des Fleisches, Blutes, u. a., herausbringt. Eben so auch die Resultate, welche andere bey der Vermischung mit Wasser und Salzen, Säuren, Alcohol, Eis, erhalten haben.

Versuche über die eigenthümliche Menge des Feuers in festen Körpern und deren Mischung, von Joh. Carl Wilke; in den neuen schwedischen Abhandl. Leipz. B. II. S. 128. und in Crells neuesten Entd. der Chemie, B. X. S. 163. Experiments and observations on animal heat, and the inflammation of combustible bodies, being an attempt to resolve those phenomena into a general law of nature, by Adair Crawford. Lond. 1779. 8. 1781. 8. Adair Crawlords Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme, a. d. Engl., herausgegeben von L. Crell, 1789. 8. Prüfung der neuen Theorien über Feuer, Wärme, Brennstoff und Luft, von Green; in dessen Journ. der Physik, B. I. S. 5. ff. S. 129. ff.

§. 553. Mit Recht ist in die Zahlen in den Tabellen über die specifische Wärme der Körper, die wir in neuern Zeiten erhalten haben, ein Mißtrauen zu setzen, da man sich durchaus zu den Versuchen, worauf sie sich gründen, solcher Materien, z. B. des Wassers, bedient hat, die ihre Form durch Abänderung der Temperatur ändern oder sonst chemisch auf einander wirken. Ich glaube daher immer noch, daß die specifische Wärme der Körper sich umgekehrt verhalte, wie die eigenthümlichen Gewichte der Körper, und halte also Boerhaaven noch nicht für widerlegt, welcher annahm, daß sich die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes in ungleichartigen Körpern bey gleichen Temperaturen derselben verhielten, wie die

die Volumina der Körper; welcher Satz gleich bedeutend ist.

Bei dem schon öfter gebrauchten Beispiele von Quecksilber und Wasser (§. 548. 551.) dürfte die gemeinschaftliche Temperatur nach der Vermengung, des 1 Pf. Quecksilber von 110° F. und des 1 Pf. Wasser von 44° F. statt 47° Gr. nur $48\frac{1}{2}$ Gr. werden, (wie es in der Wirklichkeit auch wohl seyn kann, wenn der entweichende Wasserdampf keine Wärmetheilchen fortführt oder die sich zerstreuenenden Wärmetheile sonst besser in Ausschlag gebracht werden könnten,) und dann würde die Rechnung nach der Formel des §. 551. die specifische Wärme des Quecksilbers zu der des Wassers geben, wie $48,5 - 44 : 110 - 48,5 = 4,5 : 61,5 = 1,000 : 13,677$, oder umgekehrt, wie ihre euenthümlichen Gewichte.

Herm. Boerhaave elem. chemiae. Lips. 1732. T. I. C. 166. 232.

Wirkungen des Wärmestoffes auf die Körper.

Expansion der Körper durch Wärme.

§. 554. Die erste Wirkung, die wir an den der Hitze ausgesetzten Körpern wahrnehmen, ist die schon oben (§. 489.) angeführte Ausdehnung in einen größern Raum. Diese Ausdehnung ist Folge der thätigen Expansivkraft der Wärmetheilchen, durch welche die ursprünglichen Repulsionskraft der Materie der Körper in Beziehung auf die Anziehungskraft derselben vermehrt wird, so daß beide nur dann erst wieder im Gleichgewichte sind, wenn die Materie des Körpers einen größern Raum als vorher erfüllt, folglich expandirt worden ist.

§. 555. Die Größe der Ausdehnung der Körper in der Hitze, bei gleichem Volum derselben und gleicher Intensität der mitgetheilten Hitze, richtet sich nicht

nicht nach einem bekannten Gesetze. Allgemein aber dehnen sich elastische Flüssigkeiten stärker und schneller aus, als tröpfbar: flüssige; diese stärker und schneller, als feste Körper. Werkzeuge, um die Zunahmen der Ausdehnung fester Körper in der Hitze zu messen, hat man auch Pyrometer genannt. Muschenbroek, Bouguer, Smeaton haben dergleichen angegeben.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1527. Expériences faites à Quito, sur la dilatation et la contraction, qui souffrent les métaux par le chaud et le froid, par *Mr. Bouguer*; in den *Mémoires de l'acad. roy. des sc.* 1745. S. 230. *Smeaton* description of a new pyrometer; in den *philos. transact.* Vol. XLVIII. 1744. No. 79. *Lamberts* Pyrometrie, S. 119.

Folgendes sind die Resultate verschiedener Versuche dieser Art. Das Volum der Körper, das beim Eispunkte = 1,00000 angenommen worden ist, wurde durch die Zunahme der Wärme bis zum Siedepunkte

bei Glas	1,00083	<i>Smeaton</i>
Gold	1,00094	<i>Bouguer</i>
Bley	1,00286	<i>Smeaton</i>
Zinn	1,00248	—
Silber	1,00129	<i>Herbert</i>
Messing	1,00193	<i>Smeaton</i>
Kupfer	1,00170	—
Stahl	1,00122	—
Eisen	1,00125	—

§. 556. Von dieser Ausdehnung fester Körper in der Hitze ist es herzuleiten, daß sich der Gang der Pendul, die Federkraft, Sprödigkeit und Fähigkeit der festen Körper durch die Temperatur ändern kann.

§. 557. Die Ausdehnung der festen Körper als solcher in der Hitze hat ihre Grenzen, über welche hinaus sie aufhören, feste zu seyn, und durch den fortwauernden und stärkern Einfluß des Wärmestoffes sie entweder flüssig werden und schmelzen, oder sonst Veränderung ihrer Mischung erleiden und nicht mehr
die

die vorige Natur behalten. Wenn feste Körper durch die Hitze flüchtige Bestandtheile verlieren, so können sie dadurch auch wohl sich mehr zusammenziehen; eben dies kann auch erfolgen, wenn sie durch die Hitze in einen Grad der Zusammensinterung oder anfangenden Schmelzung kommen und ihre körnige und mit Höhlungen versehene Textur verändern und dicht werden. Ein Beispiel giebt das Schwinden des Thons in der Hitze.

§. 558. Ueber die Ausdehnungen tropfbar-flüssiger Körper in der Hitze haben wir nur erst wenig zuverlässige Beobachtungen, welche uns indessen doch lehren, daß die Expansion verschiedener tropfbarer Flüssigkeiten sehr verschieden durch gleiche Grade von Wärme ausfalle, und daß alle Angaben über die Quantität dieser Ausdehnung durch eine gewisse Anzahl von Graden sehr unzuverlässig sind, wenn nicht genau bestimmt ist, bei welchem Grade von Wärme sie gefunden worden sind.

Quecksilber nimmt von der Temperatur des natürlichen Gefrierpunktes an bis zum Siedepunkte des Wassers in seinem körperlichen Inhalte zu, um 0,0185 nach de Luc, um 0,0168 nach Roy.

Wasser erhält in diesem Intervalle eine Zunahme seines Volums um 0,045176 nach de Luc.

Hrn. Schmidts Versuche über diesen Gegenstand lehren, daß der körperliche Inhalt, wenn man ihn bei 15° R. = 1 setzt, durch die Zunahme der Wärme von 30 Gr. R., oder von 15° bis 45° R., zunehme bei

Wasser	—	—	am	0,01328
Weingeist (eigenth. Gew. 0,827)	—	—	—	0,03973
Terpeninöl	—	—	—	0,03708
Baumöl	—	—	—	0,03019
Alkalische Lauge (4 Th. Wasser, 1 Th. Salz)	—	—	—	0,01512
Salzwasser (4 Th. W., 1 Th. Salz)	—	—	—	0,01515
Doppeltes Scheidewasser (eig. S. 1,170)	—	—	—	0,02460
Distillöl (eig. Gew. 1,293)	—	—	—	0,02340.

Wers

Versuche über das Gesetz der Ausdehnungen einzelner Flüssigkeiten durch die Wärme, von Hrn. Schmidt; in Gessner's Journ. d. Phys. B. I. S. 216. f.

§. 559. Uebrigens erhellet aus der Dilatation der tropfbaren Flüssigkeiten in der Wärme die Nothwendigkeit, bei der Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte derselben eine gewisse Normal-Temperatur durchaus zu beobachten (§. 351.).

§. 560. Die Grenze der Ausdehnung der liquiden Stoffe, als solcher, durch die Hitze ist da, wo sie anfangen, sich in elastische Flüssigkeiten, in Dämpfe oder Gas zu verwandeln, weil sie dann ganz andere Grade der Ausdehnung befolgen.

§. 561. Die elastischen Flüssigkeiten dehnen sich durch die Wärme am schnellsten und durch gleiche Grade derselben am stärksten aus. In Ansehung des Maasses der Ausdehnung der Luft durch eine bestimmte Anzahl von Graden der Wärme weichen die Resultate der Beobachter sehr von einander ab. Hr. de Luc nimmt an, daß sich die Luft vom Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte um $\frac{1}{200}$, folglich für jeden Grad Aenderung des Quecksilberthermometers mit Reaum. Scale sich um $\frac{1}{24}$ ihres Volums ausdehne; und seinen Versuchen zu Folge nimmt man an, daß die Luft von der mittlern Temperatur, (56 bis 60 Gr. Fahrh.) bis zur Siedhize des Wassers um $\frac{1}{2}$ in ihrem Volum wachse. Nach den Versuchen des Hrn. Roy hingegen zeigt bey 15° Gr. Reaum. jeder Grad Zunahme der Wärme an, daß der Umfang der Luft um $\frac{1}{175}$ zugenommen habe. Hr. von Saussure giebt
ein

ein anderes Verhältniß an, und nach ihm bringt zwischen dem 6ten Grade R. bis zum 22sten ein Grad Aenderung des Thermometerstandes eine Aenderung des Volums der Luft um $\frac{1}{275}$ zuwege. Nach den Erfahrungen der Herren Vandermonde, Berthollet und Monge dehnt sich die atmosphärische Luft, bei un-
ändertem Drucke, um $\frac{1}{284,8}$ ihres Volums durch

jeden Grad Reaum. aus. Indessen lehren die ge-
nauen Versuche der Hrn. Norveau und du Vernois,
daß die Zunahme der Luft durch die Wärme progressiv
ist, oder daß die Luft durch gleiche Quantitäten der
Wärme nach dem Thermometermaasse um so viel mehr
ausdehnbar ist, je mehr sie schon ausgedehnt ist. Nach
den Versuchen derselben beträgt die Vermehrung des
primitiven Volums der trockenen atmosphärischen
Luft, beim Barometerstande von 26 Zoll 9,5 Linien,

von 0 bis 30 Gr. Reaum.	0,0789
0 40	0,2576
0 60	0,6374
0 80	0,9368.

Es beträgt hiernach die Vermehrung des Volums

von 0 bis 20 Gr. Reaum.	0,0789 = $\frac{1}{12,67}$
20 40	0,1781 = $\frac{5}{28,1}$
40 60	0,4004 = $\frac{1}{2,49}$
60 80	0,2794 = $\frac{1}{3,57}$

de Luc über die Atmosph. §. 607. Schukburgh in den *philos.
transact.* Vol. LXVII. S. 363. ff. Le Roy. ebendaf.
S. 689. ff. Saussure *Hygrometrie*, §. 113. Vandermonde,
Berthollet et Monge *mém. sur le fer.* in den *Mém. de
l'ac. roy. des sc.* 1786. S. 36. ff.

Versuche über die Ausdehnbarkeit der Luft und der Gas-
arten durch die Wärme, zur genauen Bestimmung der
Umlänge

Umfänge derselbigen bei einer gegebenen Temperatur, vom Hrn. von Morveau, in *Stens Journ. d. Phys. B. I. S. 293. ff.*

Nach Robins wird die Luft von der mittlern Temperatur bis zur Hitze des glühenden Eisens um das Vierfache ihres Volums ausgedehnt.

§. 562. Andere Gasarten befolgen nach den angeführten Erfahrungen der Hrn. Morveau und Du Vernois andere Geseze der Ausdehnung durch die Wärme, als die atmosphärische Luft.

Nach diesen Versuchen war das Volum

1) des Stickgas, unterm Barometerstande von 27 Z.

bey 0° R.	-	1,0000
- 20° -	-	1,0340
- 40° -	-	1,2186
- 60° -	-	1,7664
- 80° -	-	6,9413

2) des Sauerstoffgas, unterm Baromst. von 26 Z. 10,75 Z.

bey 0° R.	-	1,0000
- 20° -	-	1,0452
- 40° -	-	1,2483
- 60° -	-	1,9018
- 80° -	-	5,4767

3) des Wasserstoffgas, beym Barometerst. von 27,66 Z.

bey 0° R.	-	1,0000
- 20° -	-	1,0839
- 40° -	-	1,2283
- 60° -	-	1,3742
- 80° -	-	1,3912

4) des Salpetergas, beym Barometerst. von 27 Z. 3,51 Z.

bey 0° R.	-	1,0000
- 20° -	-	1,0652
- 40° -	-	1,1763
- 60° -	-	1,4437
- 80° -	-	1,6029

5) des kohlensauren Gas, bey gleichem Barometerstande

bey 0° R.	-	1,0000
- 20° -	-	1,1105
- 40° -	-	1,3066
- 60° -	-	1,7385
- 80° -	-	2,0094

6) des Ammoniakgas, unterm Barometerstande von 28 Z,

bey	0° R.	-	1,0000
-	20° -	-	1,2791
-	40° -	-	1,8487
-	60° -	-	3,1878
-	80° -	-	6,8009

§. 563. Durch Zunahme der Temperatur der Luft wird ihre Expansivkraft vermehrt, wie ihre Ausbreitung in einen größern Raum offenbar lehrt. Ist nun die Luft in einem Gefäße eingeschlossen, so nehmen durch Vermehrung der Wärme ihre Elasticität und ihr Druck auf das Hinderniß ihrer Expansion zu.

Eine mit wenig Luft erfüllte Blase schwillt in der Hitze auf. Im Luftthermometer drückt die durch die Wärme ausgedehnte und in ihrer Elasticität vermehrte Luft die Flüssigkeit in die Höhe.

Im Heronsballe wird das Wasser durch erwärmte Luft zum Springen gebracht.

Die Feuerfontaine.

§. 564. Die Zunahme der Elasticität der eingeschlossenen Luft durch die Wärme macht, daß sie nun einer höhern Quecksilbersäule in der totricellischen Röhre das Gleichgewicht halten kann als in der Kälte; und der Ueberschuß dieser Höhe über die, welche sie zur Zeit ihrer Einschließung im Freyen erhielt, giebt das Maasß ihrer vermehrten absoluten Elasticität durch die Wärme an.

§. 565. Es fehlt uns noch an genauen Versuchen über die Zunahme der absoluten Elasticität der eingeschlossenen atmosphärischen Luft und der Gasarten durch eine bestimmte Anzahl von Wärmegraden. Es ist wahrscheinlich, daß die Elasticität einer und derselben

selben Luftmasse, deren Dichtigkeit sich gleich bleibt, durch die Wärme nach eben dem Verhältnisse wachse, als sie durch dieselbe unterm Drucke der Atmosphäre sich in einen größern Raum ausdehnen würde (§. 561. 562.).

Amonzon. in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1702. C. 160. ff. *Le Roy* a. a. 10.

§. 566. Die Gewalt, welche eingeschlossene und erhitzte Luft gegen das Hinderniß ihrer Expansion ausübt, muß durch die Zunahme der Hitze immer mehr und mehr wachsen. Es ist denkbar, daß ihre Ausspannungskraft endlich so groß werden könne, daß sie der Zusammendrückung eben so sehr widersteht, als ein Stein. Das Wachsthum ihrer Elasticität in den Graden des Glühens ist bewundernswürdig groß, und groß genug, um alle Bande der Cohäsion und Schwere zu überwältigen, wie die Kraft des entzündeten Schießpulvers in Schießgewehren, beim Sprengen der Minen und des Gesteins in Bergwerken beweiset.

Versuch einer Theorie der Sprengarbeit, nebst einem Vorschlage zur Verbesserung der Knustfäße, von Franz Gaader. Freyberg und Annaberg 1792. 2.

§. 567. Da also die Elasticität der Luft durch die Wärme wächst, so kann auch eine dünnere Luft, welche erwärmt ist, einer dichtern, aber kältern, Luft das Gleichgewicht halten. Die erwärmte Luft breitet sich daher in der kältern aus, steigt in derselben empor, oder ergießt sich über diese hin.

Hierauf gründen sich

- 1) Die Wirkung der Wetterstöße und die Wetterwechsel in Gruben.

Lomo-

Lomonosow, in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 267. ff. *Jars*, in den *Mém. de l'Acad. roy. des sc.* 1768. S. 212. ff.

- 2) Der Zug der Luft in den Windöfen.
- 3) Das Emporksteigen der Montgolfieren.

van Swinden posit. phys. T. II. S. 220. ff. *Faujas de St. Fond* description de la machine aérostatique de *Montf. de Montgolfier.* à Paris 1784. T. I. II.

- 4) Die entgegengesetzten Ströme der Luft durch die geklappete Thür eines geheizten Zimmers.

§. 568. Hierauf gründet sich ferner die Methode, Gefäße mit sehr enger Mündung mit Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten leicht zu füllen. Wird nämlich durch Erwärmung des offenen Gefäßes die darin enthaltene Luft so viel als möglich ausgetrieben, und dann die offene Mündung des heißen Gefäßes in die Flüssigkeit gestellt, so kann die darin zurückbleibende Luft beim Abkühlen nicht mehr dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht halten, und diese treibt nun das Wasser in dasselbe hinein. Aus der Vergleichung des übrig bleibenden Raums, den jetzt die abgekühlte Luft im Gefäße noch einnimmt, mit dem Inhalte des Gefäßes, läßt sich der Grad der Verdünnung, den die Luft erlitten hatte, bestimmen.

Schmelzen und Gefrieren.

§. 569. Die Wirkung des Wärmestoffes auf feste Körper, wodurch sie in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, heißt **Schmelzen** (*Fusio*), und man sagt von einem durch die Hitze tropfbarflüssig gemachten Körper: er sey im **Flusse**, er **schmelze** er **fließe**.

§. 570.

§. 570. Aus dem, was oben (§. 123. 130.) von dem Unterschiede zwischen festen und tropfbar-flüssigen Materien angeführt worden ist, folgt, daß die Expansivkraft des Wärmestoffes den Grund der Schmelzung enthalte und durch seinen Eintritt zur festen Substanz das Verhältniß der ursprünglichen Grundkräfte derselben abändere und die Repulsionskraft in Beziehung auf die Anziehungskraft der Theile vermehre.

§. 571. Die Flüssigkeit aller liquiden Materien, die wir jetzt kennen, ist abgeleitet und Folge des Einflusses des Wärmestoffes (§. 137.).

§. 572. Bey der Verschiedenheit der Größe der Anziehungskraft der Theilchen der specifisch verschiedenen Materien unter einander und zum Wärmestoffe, darf es uns nicht wundern, daß einige Materien eine größere, andere eine geringere Intensität des Wärmestoffes zum Schmelzen erfordern, ja, daß es Materien geben kann, die bey allen uns jetzt bekannten Graden der niedrigsten Temperatur unserer Atmosphäre noch liquide sind.

Streng-flüssige und leicht-flüssige Materien.

§. 573. Manche Gemische schmelzen leichter, als die einzelnen Materien, woraus sie bestehen.

Das Schnellloth der Klempner.

Das Rosische Metallgemisch, aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn, das schon im kochenden Wasser flüssig wird.

§. 574. Einige Körper können durch keine Hitze, die wir jetzt hervorbringen im Stande sind, in Fluß gebracht oder geschmolzen werden. Man nennt sie
feuers-

feuerfest. Sie sind aber deswegen wohl nicht absolut unschmelzbar zu nennen; denn alle können doch wenigstens durch Hülfe anderer, mit denen sie sich chemisch vereinigen, im Feuer zum Schmelzen gebracht werden. Die letztern nennt man deswegen **Flüsse, Schmelzungsmittel.**

Beispiele: Kalkerde und Thonerde sind für sich unschmelzbar; sie schmelzen aber, wenn sie vermengt sind, in der Gluth behält.

Bermittelt eines angezündeten Gemenges aus drei Theilen gereinigtem trocknen Salpeter, zwei Theilen Schwefelblumen und zwei Theilen feinen Sägespänen, kann man eine kleine Silbermünze in einer Nusschaale schmelzen, (Baumes schneller Fluß.)

§. 575. Von dem wahren Schmelzen ist das Flüssigwerden mancher Salzkrystalle, z. B. des Alauns, Bitriols, in der Hitze zu unterscheiden, das seinen Grund in den wässerigen Theilen derselben hat, die in größerer Hitze das Salz auflösen, ungeachtet sie es in geringerer nicht können, und nach deren Verluste das Salz in der Hitze auch wieder fest wird.

§. 576. Wenn die geschmolzenen Körper einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt werden, als die ist, woben sie zu schmelzen anfangen, so werden sie wieder fest. Man nennt dies das **Gefestehen** oder **Gefrieren** (Congelatio). Es ist Folge des Austrittes des ihren Theilen abhätirenden Wärmestoffes, und es geschieht schneller oder langsamer, theils nach der Verschiedenheit der Differenz der Temperatur des geschmolzenen Körpers und des umgebenden Mediums, theils nach der Leitungskraft des letztern für die Wärmetheilchen. Von der KrySTALLISIRUNG der Theile der Körper bey diesem

diesem Gesehen oder Gefrieren ist oben (§. 142.) gehandelt worden.

§. 577. Nach der gegebenen Erklärung (§. 570.) vom Schmelzen müssen alle Körper im Flusse ein größeres Volum haben, als im Zustande der Festigkeit. Die Erfahrung bestätigt dies auch allerdings. Die Ausnahme, welche einige Materien, wie Eis, Roheisen, Wismuth, Spiesglanz, Schwefel, zu machen scheinen, läßt sich aus der Krystallisirung ihrer Theile beym Gesehen leicht erklären.

D a m p f b i l d u n g.

§. 578. Eine andere und höchst merkwürdige Veränderung der Form, welche sehr viele, so wohl feste, als flüssige, Körper erfahren, wenn sie der Wirkung des Wärmestoffes unterworfen werden, ist die Verwandlung derselben in elastische oder expansibele Flüssigkeit, nämlich in Dampf (Vapor).

§. 579. Wenn z. B. Wasser in einem gläsernen Gefäße der Hitze ausgesetzt wird und seine Temperatur endlich einen gewissen Grad erreicht hat, so setzen wir, daß sich eine Menge Bläschen allenthalben an der Wand des Gefäßes ansetzt, die sich nach und nach ablösen, emporsteigen und an der Oberfläche des Wassers zerplätzen. Bei zunehmender Hitze des Wassers nehmen diese Bläschen an Menge und Größe zu, so daß sie bey ihrem Emporsteigen die Durchsichtigkeit des Wassers endlich hindern. Zuletzt geräth die ganze Masse des Wassers
in

in Bewegung, wegen der Größe und Menge der Blasen, und das Wasser wallt nun auf, kocht oder siedet. Bis zu diesem Sieden steigt die Temperatur des Wassers, wie ein hineingestelltes Thermometer zeigt. So wie es aber zum Sieden in einem offenen Gefäße gekommen ist, bleibt das Thermometer, wofern es nur den Boden oder die Wände des Gefäßes nicht berührt, in dem Wasser auf dem erhaltenen Punkte unveränderlich. Die Blasen, die im kochenden Wasser aufsteigen, sind der Dampf des Wassers. Dieser Dampf ist vollkommen durchsichtig, wie die Luft, und bleibt auch beim Heraustreten aus dem Wasser unsichtbar und elastisch, so lange er die dazu nöthige Wärme hat oder nicht durch Zusammendrückung vernichtet wird. So verwandelt sich nun bei fortwauernder Hitze das Wasser nach und nach ganz in Dampf, und wird als solcher fortgeführt.

§. 580. So sind nun mehrere feste und liquide Materien fähig, bei einem angemessenen Feuergrade in eine elastisch-flüssige Materie, in Dampf, verwandelt zu werden. Der dazu nöthige Grad der Hitze ist bei den verschiedenen Stoffen gar sehr verschieden.

Naphtha und Weingeist kochen bei geringerer Hitze, als Wasser, dieses bei geringerer, als Quecksilber. Schwefel verdampft früher als Wismuth, Zink, Spießglanz, Arsenik. Aber auch das sonst so feuerbeständige Gold und Silber können zur Verdampfung gebracht werden.

§. 581. Aber die Erfahrung lehrt auch: daß der Druck der atmosphärischen Luft, die über der Fläche der kochenden Flüssigkeit sich befindet, den Grad der Hitze, bei dem eine und dieselbe Flüssigkeit siedet,

siedet, sehr abändert; daß eine desto größere Hitze dazu erfordert werde, je größer dieser Druck der Luft sey; und daß einerley Flüssigkeit um so eher und bey desto geringerer Hitze siede, je geringer der Druck der Luft darauf sey. Hierauf gründet sich eben die oben (§. 506.) angeführte Berichtigung des Siedepuncts am Thermometer. In hohen Gegenden der Atmosphäre kocht daher das Wasser bey einer niedrigeren Temperatur, als in niedrigeren Gegenden, und im leeren Raume der Luftpumpe bey sehr mäßiger Temperatur.

Hr. de Luc beobachtete dies auf einer Reise über den Montcenis im J. 1762 in verschiedenen Höhen und wiederholte diese Untersuchungen im J. 1765 auf den Gebirgen in Savoyen. Ich theile hier Resultate dieser letztern Beobachtungen mit, woben ich die Grade des bey 27 F. Barometerstand graduirten Thermometers auf ein solches gebracht habe, das bey 28 F. bestimmt worden wäre.

Barometerstand.				Wärmegrade des kochenden Wassers.
28 F.	5 F.	2 Sechzehntel		80,30° R.
28	5	—	.	80,29
28	2	4	.	80,14
28	1	2	.	80,03
27	11	—	.	79,94
27	10	—	.	79,90
27	9	7	.	79,84
27	6	7	.	79,61
27	5	3	.	79,53
27	—	5	.	79,22
26	8	14	.	78,93
26	4	15	.	78,83
26	3	15	.	78,73
25	11	7	.	78,42
24	10	9	.	77,44
24	5	15	.	77,04
24	1	1	.	76,70
23	8	2	.	76,43
23	4	6	.	76,14
22	11	14	.	75,80

Baro.

Barometerstand.	Wärmegrade des kochenden Wassers
21 3. 10 L. 7 bis 2 Sechz.	74,74 R.
20 - 4 - 15 Sechzehntel	73,21 -
29 - 7 - 15 -	72,50 -

de Luc Unters. über die Atmosph. Th. II. §. 257. ff.

Bei meinen unter dem Recipienten der Luftpumpe angestellten Versuchen fand ich folgende Resultate:

Barometerstand.	Siedegrade des Wassers.
14 3. 6 5 L.	67° R.
8 - - -	56 bis 57 R.
7 - 8,5 -	55,5 R.
7 - - -	54 -
6 - 1 -	51,5 -
5 - 5,5 -	50,5 -
5 - 3 -	49 -
5 - 2 -	48,5 -
4 - 10 -	47 bis 47,5 R.
4 - 4 -	45,5 R.
3 - 11 -	44 -
3 - 9 -	43 -
3 - 5 -	42 -
3 - 2 -	41,25 R.
3 - 1 -	40 -
2 - 11 -	39 bis 39,5 R.
2 - 9 -	38 R.
2 - 3 -	35 -
2 - 1 -	33,75 R.
1 - 11 -	32 -
1 - 9 -	31 -
1 - 6 -	29,5 -

Grenz unten (§. 588.) angef. Abb.

§. 582. Der Grund von diesem veränderlichen Siedegrade des Wassers und anderer tropfbarer Flüssigkeiten ist folgender. Die Dämpfe haben keine Permanenz ihrer elastischen Flüssigkeit, als bei einem bestimmten Grade der Wärme unter einem bestimmten Drucke (§. 136.). Sollen sie also als elastisches Fluidum in der Luft oder unter ihrem Drucke bestehen, so

so müßten sie einen ihr gleichen Grad der Elasticität besitzen, und diesen erlangen sie nur durch einen bestimmten Grad der Wärme. Sie können sich also auch im Innern des Wassers, auf dessen Fläche die Luft drückt, nicht eher bilden, oder das Wasser kann nicht eher sieden, bis sie durch die gehörige Hitze denjenigen Grad der Elasticität erreichen, welcher der Elasticität der Luft das Gleichgewicht hält. Je weniger die Luft darauf drückt, desto geringer braucht die Elasticität der Dämpfe zu seyn, um dem Drucke der Luft das Gleichgewicht zu halten, folglich bedürfen sie auch eines desto geringern Grades der Wärme, um sich bilden zu können. — Ohne den Druck einer Atmosphäre würden wir gar kein liquides Wasser, kein Naphtha und keinen Alkohol kennen; denn sie würden dann bey den Temperaturen, woben wir leben, elastische Flüssigkeiten seyn (138.).

§. 583. So lange die Dämpfe als elastisches Fluidum bestehen, befolgen sie auch dieselbigen Gesetze des Drucks und des Gleichgewichts schwerer expansibeler Flüssigkeiten; und es gilt daher in diesem Zustande alles das von ihnen, was hiervon oben von der Luft (§. 370.) angeführt worden ist.

§. 584. Die absolute Elasticität der Dämpfe läßt sich eben so, wie die der Luft, durch die Höhe einer Quecksilbersäule messen, die in einer Barometerrohre damit im Gleichgewichte ist.

Die Beschreibung eines Barometers für Dämpfe habe ich in der unten (§. 588.) angef. Abhandl. mitgetheilt.

§. 585. Die absolute Elasticität der in Gefäßen eingeschlossenen Dämpfe nimmt, wie die der eingeschlossenen Luft, durch die Wärme zu. Beobachtungen über das Wachsthum der absoluten Elasticität der eingeschlossenen Dämpfe des Wassers durch eine bestimmte Anzahl von Wärmegraden haben wir vom Hrn. von Betancourt erhalten.

Wärmegrade der Dämpfe des Wassers.	Absolute Elasticität der Wasserdämpfe.	
10° R.	0,15	3. Barometerß.
20 -	0,65	-
30 -	1,52	-
40 -	2,92	-
50 -	5,35	-
60 -	9,95	-
67 -	14,50	-
70 -	16,90	-
80 -	28,00	-
90 -	46,40	-
95 -	57,80	-
100 -	71,80	-
104 -	84,00	-
110 -	98,00	-

Mémoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau, par Mr. de Betancourt. à Paris 1792. 4.

Frühere, obgleich nicht so vollständige, Versuche hiers über hat Hr. D. Ziegler angestellt. (Specimen physico-chemicum de Digestore Papinii, eius structura, effectu et usu, primitias experimentorum novorum circa fluidorum a calore rarefactionem et vaporum elasticitatem exhibens. Aut. Io. Henr. Ziegler. Basil. 1769. 4.).

§. 586. Die Gewalt, welche eingeschlossene Dämpfe durch die Erhizung gegen die Hindernisse ihrer Expansion auszuüben im Stande sind, ist bewundernswürdig groß, und die Kraft des im eingeschlossenen Raume bis zum Glühen erhizten Wassers und seiner Dämpfe kann gar keiner Berechnung unterwor-

terworfen werden, weil es uns an Mitteln mangelt, den überaus großen Grad der Elasticität dieser Dämpfe zu messen, der wohl hinreichend ist, den bewundernswürdig großen Effect der Vulkane und der Erdererschütterungen daraus abzuleiten.

Gesetzt, es ist Wasser in einem Gefäße eingeschlossen, und es würde darin mit seinen Dämpfen bi. 110° R., also nur 20 Grad über den gewöhnlichen Siedepunct, erhitzt, so ist nach der vorläufigen Tabelle die Elasticität dieser Dämpfe schon so groß, um einer Quecksilbersäule von 98 Z. Höhe das Gleichgewicht zu halten; oder gegen jeden Quadratfuß (paris.) Fläche der Wände des Gefäßes mit einer Kraft zu drücken, die dem senkrechten Drucke eines Gewichtes von 7758½ Pf. (paris.) gleich ist.

§. 587. Weil die Elasticität der eingeschlossenen Luft (§. 563.) und Dämpfe durch die Hitze zunimmt, so müssen sie auch in genau verschlossenen Gefäßen auf das Wasser, das mit eingeschlossen ist, immer mehr reagiren und drücken, je stärker sie erhitzt werden; und folglich wird auch die Hitze dieses Wassers, ehe es siedet, den gewöhnlichen Siedepunct übersteigen (§. 581.) und wachsen, und sie würde, wenn die Gefäße es aushielten, selbst bis zum Glühgrade zunehmen können.

§. 588. Beispiele von der Elasticität der Dämpfe und ihren Wirkungen geben:

1) Die Windfugel oder Dampfzugel (Aeolipila).

Wolfs nützl. Vers. zu genauer Erkennntn. der Nat. und Kunst, Th. I. Kap 7.

2) Die Anallkugeln.

3) Der papinianische Topf (Digestor Papini).

La

La manière d' amolir les os, ou de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de tems, par Mr. Papin. à Amsterd. 1681. 8. Versuch einer neuen Vorrichtung von Papins Digestor, von Wille; in den schwed. Abhandl. B. XXXV. S. 3., und in Crells neuesten Entd. Th. I. S. 28. ff.

4.) Watt's Dampf- oder Feuermaschine.

Beschreibung der wesentlichen Einrichtung der neuern Dampf- oder Feuermaschinen, nebst einer Geschichte dieser Erfindung und Bemerkungen über die absolute Elasticität der Wasserdämpfe, von J. A. C. Gren; im neuen Journ. d. Phys. B. I. S. 62. ff., u. S. 144. ff.

§. 589. Die absolute Elasticität der Dämpfe einer kochenden Flüssigkeit in irgend einem Siedegrade ist, so lange die Dämpfe diesen Grad der Hitze behalten, der absoluten Elasticität der Luft gleich, die auf die Fläche der siedenden Flüssigkeit drückt. Dieser Satz folgt aus §. 582. und die Erfahrung bestätigt ihn.

Gren a. a. O. S. 123. 127.

§. 590. Aus dem gleichzeitig beobachteten Barometerstande können wir also die absolute Elasticität der Dämpfe einer in offenen Gefäßen siedenden Flüssigkeit finden.

Reiner Alcohol kocht bey 64° R. unter einem Barometerstande von 28 Zoll; also haben die Dämpfe des siedenden Alcohol bey 64° eine eben so große absolute Elasticität, als die des Wassers bey 80° : und wenn ferner die Dämpfe des Alcohol und die des Wassers eine gleiche Temperatur haben, so haben sie eine ungleiche Elasticität; die vom Alcohol haben eine größere, als die vom Wasser.

§. 591. Wir müssen in den Dämpfen, als zusammengesetzten Körperarten, die Basis, oder den Stoff, der an sich nicht expansibel ist, wie im Wasserdampfe das Wasser, unterscheiden, und das ursprüngliche

springlich expansiver Wesen, nämlich den Wärmestoff, oder nach Hrn. de Luc das fortleitende Flüssige (Fluidum deferens), durch welches jene Basis zur expansibelen Flüssigkeit wird (§. 135.), und durch dessen Entziehung sie aufhört, elastisch-flüssig zu seyn. Durch die Cohärenz des Wärmestoffes mit der Basis des Dampfes verliert jener seine wärme-erzeugende Kraft, oder wird latent (§. 125.), wie die nähere Betrachtung dieses Umstandes in der Folge lehren wird; und eben hieraus ist die Fixität des Siedepunctes beim bleibenden Drucke der Atmosphäre zu erklären.

§. 592. Wenn die Dampfblasen, die aus dem kochenden Wasser hervortreten (§. 579.), die kühlere atmosphärische Luft berühren, so werden sie durch die Erniedrigung ihrer Temperatur zum Theile zersezt, ein größerer oder geringerer Antheil ihrer Basis scheidet sich ab und bildet einen sichtbaren Nebel oder Rauch. Mit Unrecht nennt man denselben noch einen Dampf, da er gar nichts mit der Natur des Dampfes gemein hat. Er besitzt keine Elasticität mehr und ist nichts, als die Basis des Dampfes, die ihres expansiven Stoffes beraubt ist. Sie schwimmt vermöge ihrer höchst feinen Zertheilung und ihrer Adhäsion in der Atmosphäre und folgt ihrem Zuge, bis sie durch mehrere Aneinandernäherung ihrer Theilchen zum concreten tropfbar-flüssigen oder festen Stoffe zusammentritt und sich niederschlägt, oder sich durch neues Hinzukommen von Wärmestoff wiederum in elastische und unsichtbare Flüssigkeit verwandelt. Wolken
sind

sind daher nicht Wasserdünste, die in der Luft schwimmen, sondern das höchst fein zertheilte Wasser, welches aus dem Elastisch-Flüssigen, das es vorher bildete, bey der Zersetzung desselben niedergeschlagen worden und noch nicht zum zusammenhängenden Tropfbar-Flüssigen zusammengetreten ist. Hr. von Saussure schreibt diesem Nebel eine Bläschengestalt zu.

Versuch über die Hygrometrie, durch Horaz Bened. de Saussure, a. d. Franz. von J. D. T. Leipz. 1784. 8. S. 239.

§. 593. Je niedriger die Temperatur des Dampfes wird, um desto mehr wird von demselben zersetzt; und umgekehrt. Durch Substanzen von einer niedrigeren Temperatur wird nämlich der Basis des Dampfes so lange Wärmestoff entzogen, bis in jenen eine gleiche Temperatur eingetreten ist: es kann also nicht mehr die ganze vorige Quantität der Basis in dem Raume des Dampfes dampfförmig bleiben; es scheidet sich also ein Antheil der Basis als Nebel ab. Es ändert sich folglich mit der Temperatur das Verhältniß der Basis des Dampfes zum Raume desselben, und dies ist es, worauf man eigentlich den Ausdruck: Maximum der Verdampfung, beziehen sollte. Im eingeschlossenen Raume muß diesemnach die Dichtigkeit des Dampfes desto größer werden, je höher die Temperatur wird, vorausgesetzt, daß verdampfende Substanz genug da ist.

§. 594. Hieraus ist nun begreiflich, wie in allen bekannten Temperaturen der Luft Wasserdampf bestehen könne. Nur ist bey gleichem Drucke der Luft das Verhältniß der Basis zum Raume des Dampfes,

II. Theil. 1. Hauptstück.

§. 593. Das Maximum der Verdampfung (§. 593.), um
zu kommen, je niedriger die Temperatur der Luft ist.

§. 595. Allerdings können Dämpfe auch das
durch zerlegt werden, daß sie mit Materien in Be-
rührung kommen, welche die Basis des Dampfes
Anzieher anziehen, als sie vom Wärmestoffe angezogen
wird.

§. 596. Ein drittes Mittel zur Zerlegung des
Dampfes ist seine Zusammenbrückung. Seine Masse
kann nicht, wie die der Luft, bey bleibender Tempera-
tur in einen engern Raum gebracht werden, ohne
daß nicht ein Antheil des Dampfes zerlegt würde, um
bey bleibender Temperatur das Maximum der Ver-
dampfung (§. 593.) zu erhalten. Dieses Maximum
der Verdampfung würde überschritten werden müssen,
wenn bey bleibender Temperatur sein Raum verengert
werden sollte. Bey gleicher Temperatur kann also die
Dichtigkeit des Dampfes nicht vermehrt werden.
Bey größerm Drucke der Atmosphäre ist deshalb eine
größere Menge des latenten Wärmestoffes zur Bil-
dung des Dampfes aus einerley Quantität der Basis
desselben nöthig, als bey einem geringern Drucke.
Was hier von dem Drucke der Atmosphäre gesagt ist,
gilt auch von dem Drucke des Dampfes durch seine
Elasticität in verschlossenen Gefäßen gegen sich selbst.

Aus dem Angeführten erklärt sich die Entstehung des Nebels
unter dem Recipienten der Luftpumpe, wenn man wieder
Luft binzuläßt, nachdem vorher in der verdünnten Luft
Verdampfung vorgegangen war.

§. 597. Die Luft trägt zur Erzeugung der Däm-
pfe nichts bey. Sie ist vielmehr durch ihren Druck
der

der Dampfbildung hinderlich, und es bedarf deshalb, ohne den Druck der Atmosphäre, weit weniger absoluter Quantität von Wärmestoff, um eine und dieselbe Quantität von Basis dampfförmig zu machen, als bey ihrem Drucke (§. 581.).

§. 598. Ueberhaupt bedarf es gar nicht der Auflösung des Wassers in der Luft, um sich die Phänomene der Verdampfung des Wassers zu erklären, und darauf einen Unterschied zwischen wirklicher Verdampfung (Evaporatio) und Ausdünstung (Exhalatio) zu begründen. Jede Ausdünstung ist vielmehr eine wahre Verdampfung, die bey einer niedrigeren Temperatur der Luft nur deswegen langsamer und in geringerer Menge Statt findet, weil dann eine geringere Quantität des Wärmestoffes zugegen ist, der durch seine Cohärenz mit der Basis diese dampfförmig machen muß. Bey der Ausdünstung geschieht die Verdampfung nur an der Oberfläche, beym Sieden auch im Innern der Flüssigkeit. Die Gründe für die Auflösung des Wassers in der Luft und die dadurch bewirkte Ausdünstung hat Hr. de Luc umständlich und gründlich widerlegt. Ich werde in der Folge beym Wasser auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

de Luc nouvelles idées sur la météorologie, T. I. II. à Londres 1786. 8. J. A. de Luc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Franz. Eb. 1. II. Berlin u. Stettin 1787. 1788. 8. Zweyter Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie, über die Wärme, das Schmelzen und die Verdunstung; in Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 402. Dritter Brief des Hrn. de Luc, über die Dämpfe, die luftförmigen Flüssigkeiten und die atmosphärische Luft; ebendasselbst Eb. III. S. 132. Ebendesselden Prüfung einer Abhandlung des Hrn. Monge über die Ursachen der hauptsächlichsten Phänomene der Meteorologie; in Grens Journ. d. Phys. B. VI. S. 121.

Zu den hauptsächlichsten Vertheilignern der Auflösung des Wassers in der Luft, als Ursach der Ausdünstung, gehören: Hr. Le Roi (*Mémoire sur l'élévation et la suspension de l'eau dans l'air*; in den *Mémoires de l'acad. roy. des sc. del Paris*, 1751. S. 481.), und Hr. Lube (über die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre, Leipzig. 1790. 8.).

§. 599. Auf die Zersehung der Dämpfe durch Abkühlung oder Erniedrigung ihrer Temperatur gründet sich übrigens:

- 1) Die Operation des Destillirens (*Destillatio*) und des Sublimirens in der Chemie;
- 2) Wilkens und Berrettray's Luftpumpen durch Wasserdämpfe.

Wille, in den schwedischen Abhandl. 1769. B. XXXI. S. 31. ff. Beschreibung von des Hrn. Abbé Cajet. Berrettray Luftpumpe; in *Grens Journ. d. Phys.* B. VI. S. 86. ff.

§. 600. Eine Substanz dem Einflusse des Wärmestoffes aussetzen, um sie in expansibele Flüssigkeit überhaupt, es sey in Dampf oder in Gas, zu verwandeln, heißt sie verflüchtigen. Materien, die sich durch die Hitze in expansibele Flüssigkeiten verwandeln lassen, nennt man flüchtig (*Corpora volatilia*), und setzt ihnen die feuerbeständigen (*Corpora fixa*) entgegen, welche der Verflüchtigung im Feuer widerstehen. Diese Ausdrücke sind indessen nur relativ, und vielleicht ist keine Materie absolut feuerbeständig zu nennen. Viele Stoffe, die in unserer stärksten Hitze feuerbeständig erscheinen, können durch Hülfe anderer flüchtiger Substanzen, mit denen sie sich chemisch verbinden, flüchtig werden. Man nennt dies eine Mitverflüchtigung.

Beispiele der Mitverflüchtigung giebt die Kieselerde mit Flußsäure; des Eisens durch salzichte Säure; des Kupfers durch eben dieselbige; der Kohle durch Sauerstoff.

Gas:

Gasbildung.

§. 601. Mehrere Materien werden durch den Wärmestoff in elastische Flüssigkeiten, die nicht, wie die Dämpfe, durch Erniedrigung der Temperatur oder durch Zusammenpressung ihre elastische Form verlieren, also in Luft oder Gas (§. 136.) verwandelt, wovon in der Folge mehrere Beispiele vorkommen werden.

§. 602. Diese Gasarten bestehen auch, wie die Dämpfe, aus einer Basis, die ihren ponderabeln Antheil ausmacht, und aus dem Wärmestoffe, der jene elastisch-flüssig macht. Die Ursache ihres Unterschiedes von den Dämpfen liegt in der Art und Weise der Verbindung beider Bestandtheile, die bei den Gasarten sich wechselseitig aufgelöst haben, bei den Dämpfen hingegen nur zusammenhängen.

§. 603. Daß der Wärmestoff die Ursache von der Bildung der Gasarten und ihrer elastischen Form sey, erhellet daraus: daß zur Bildung eines jeden Gas Wärmestoff nöthig ist; daß durch die Zersetzung eines Gas Wärmestoffentwickelt wird; und daß die Basis des zersetzten Gas so viel wiegt, als das Gas selbst.

§. 604. Alle Materien, welche luftförmig werden können, werden es schon in jeder Temperatur, die wir kennen, so bald sie von andern Materien getrennt werden, mit denen sie vorher verbunden waren. Deshalb können wir eigentlich die Grundlage keiner einzigen Gasart für sich, darstellen, sondern wir kennen sie nur entweder in Verbindung mit dem Wärmestoffe als Gas oder in Verbindung mit andern Mate-

Materien, mit denen sie im liquiden oder festen Zustande sind.

§. 605. Alle Gasarten werden nur dadurch zerlegt, daß andere Materien ihre Grundlage stärker anziehen, als diese vom Wärmestoffe angezogen wird; nicht umgekehrt, durch Entziehung ihres Wärmestoffes vermittelst anderer Materien, sonst würde die Grundlage der Gasarten für sich darstellbar seyn.

§. 606. Man erhält diese luftförmigen Stoffe auf eine mannigfaltige Weise aus sehr verschiedenen Substanzen, theils bey Auflösungen, — und das Aufbrausen (Effervescencia), das man bey manchen Auflösungen gewahr wird (§. 190.), rührt eben von der schnellen Entwicklung luftförmiger Stoffe her; — theils bey der Zersetzung derselben durch Feuer, Glühung oder Fäulniß.

§. 607. Alle diese Gasarten sind in den festen oder liquiden Körpern, aus denen man sie erhält, vorher nicht als elastische, aber comprimirte, Flüssigkeit zugegen gewesen; sondern ihre Grundlage war nur darin, die aber bey ihrer Trennung sogleich durch Verbindung mit dem Wärmestoffe gasförmig wird.

§. 608. Die so wichtigen und interessanten Entdeckungen dieser Luftarten haben eigene Werkzeuge nöthig gemacht, um sie bey der Zerlegung der Körper durch Auflöfung oder Feuer, wobey sie zum Vorscheine kommen, bequem aufzufangen und ohne Vermischung mit atmosphärischer Luft zu erhalten. Man begreift diese Werkzeuge unter dem Namen des pneumatisch=

pneumatisch-chemischer Apparat (Apparatus pneumato-chemicus).

§. 609. Jede luftförmige Flüssigkeit ist stets specifisch leichter, als irgend eine tropfbare Flüssigkeit, und steigt in dieser aufwärts. Hierauf gründet sich das Wesentlichste beim pneumatisch-chemischen Apparat. Das erste Stück ist eine ovale Wanne von Holz oder verzinntem Kupfer, worin einige Zoll unter dem Rande ein Gefäße waagerecht angebracht ist. In diesem Gefäße befinden sich einige kurzhälftige Trichter neben einander, so daß ihre weitere Mündung dem Boden der Wanne zugekehrt ist. Die Wanne wird so weit mit Wasser angefüllt, daß dasselbe das Gefäße ungefähr einige Zoll hoch bedeckt. Das Gefäße selbst dient nun dazu, daß die mit Wasser gefüllten umgekehrten Gläser und Vorlagen mit ihren Mündungen auf die Böcher gestellt werden können, durch welche vermittelst der Trichter die Luftblasen in diese Vorlagen geleitet werden sollen.

§. 610. Da aber einige Lustarten bei der Berührung des Wassers davon zersezt werden, ihren luftförmigen Zustand verlieren und damit zur tropfbaren Flüssigkeit werden; so ist diese Vorrichtung (§. 609.) nicht anwendbar, und man muß daher das Quecksilber zum Sperren anwenden. Der Preis und die Schwere des Quecksilbers machen freulich, daß man diesen Quecksilberapparat kleiner machen muß, dessen Einrichtung aber im Grunde dem vorigen ähnlich ist. Zur Wanne dient entweder recht dicht zusammengefügtes Holz oder Eisenblech.

Grens

Grens Beschreibung eines Quecksilberapparats; im Journ. des
Phys. B. I. C. 201.

§. 611. Zur Entbindung der Gasarten selbst, die man durch Destillation oder Auflösung gewisser Stoffe erhält, dienen allerley Retorten, gläserne oder irdene, die man mit den zu zerlegenden Stoffen ins Sandbad, oder beschlagen in freyes Feuer legt. An die Mündung der Retorte kütet man nach Beschaffenheit der Umstände eine blecherne oder gläserne Röhre, deren untere Oeffnung unter den Trichter der mit Wasser oder Quecksilber gefüllten Wanne gesteckt wird. Wenn sich dabei zugleich solche Dämpfe erheben, die das Metall angreifen würden, so dienen gläserne Tubulatretoiren mit einem am untern Ende nach oben gekrümmten langen Halse. Um die dabei zu gleicher Zeit in Dampfgestalt übergehenden Substanzen als tropfbare Flüssigkeit durch Abkühlung besonders aufzufangen, dient eine so genannte Mittelflasche und der sinnreiche Destillirapparat des Hrn. Lavoisier. Zur Entwicklung luftförmiger Stoffe bey den Auflösungen, die keine äußere Hitze erfordern, wird besonders die Entbindungsflasche gebraucht. Zu Vorlagen, in welche die durch das Wasser oder Quecksilber gehenden Gasarten treten, dienen gläserne Cylinder mit eingeriebenen Stöpseln oder ohne dergleichen, oder Glasflaschen. Um einige Gasarten, die sich nur langsam in dem Wasser auflösen lassen, bequem damit in Verbindung zu bringen, ist vorzüglich die Parker'sche Glasgeräthschaft anwendbar.

Die bey der Entbindung und Aufsammlung dieser Luftarten nothwendigen Handgriffe werden in den Vorlesungen selbst gezeigt.

Grens

Sceno's system. Handb. der Chemie, zweyte Ausg. Th. I. S. 157. ff. Beschreibung eines Glasgeräthes von J. S. Magellan, a. d. Engl. von G. T. Wenzel. Dresden 1780. 8. Lavoisier's Traité élémentaire de chimie. T. II. S. 451. ff.

Figirter Wärmestoff.

§. 612. Es sey eine Masse gestossenes Eis oder Schnee in einem Gefäße so weit erkaltet, daß ein hineingestelltes Thermometer 10 Gr. Fahrh. zeige. Man bringe das Gefäß in ein geheiztes Zimmer, so daß die kalte Masse nun einem beständigen gleichförmigen Wärmestrome ausgesetzt sey. Das Thermometer darin wird nun bis 32 Gr. steigen, aber hier still stehen, wenn auch gleich der Wärmestrom, der dem Eise zufließt, der nämliche bleibt. Die Temperatur des Eises steigt nun nicht höher, so viel Wärmetheilen ihm auch zugeführt werden; aber es schmilzt nach und nach, und erst dann, wenn dies geschehen ist, steigt das Thermometer allmählig höher. Erhitze man das nunmehr tropfbar-flüssige Wasser in dem Gefäße über dem Feuer noch stärker, so gelangt das Thermometer endlich an den Siedepunct, wenn das Wasser zum Kochen gekommen ist; aber nun tritt wieder der Stillstand desselben ein, und es steigt nicht höher, der dem Wasser zugeführte Wärmestrom mag noch so groß seyn, so lange nur das Wasser das Thermometer umgibt. — Oder man vermische ein Pfund Schnee, dessen Temperatur 32 Gr. F. ist, mit einem Pfunde Wasser von 120 Gr. Nach der Richmann'schen Regel (§. 547.) sollte die Temperatur des Gemisches 76 Gr. werden; sie bleibt aber 32 Gr. und ein Theil Schnee wird geschmolzen. Man vermenge
ferner

ferner 8 Theile Eisenfeil von 300° F. mit einem Th. Wasser von 212° ; die Temperatur des Gemenges wird nicht $290\frac{1}{2}^{\circ}$ werden, sondern 212° bleiben, und ein Theil Wasser wird plötzlich verdampfen.

§. 613. Der auf das Eis wirkende Wärmestrom erhöht also die Temperatur des Eises eben so wenig über den Gefrierpunct, als der auf das tropfbar-flüssige Wasser wirkende es über den Siedepunct erhöhen kann. Die Wirkung der Wärmetheilen auf das Eis schränkt sich also darauf ein, die Form oder den Aggregatzustand des Eises zu verändern und dasselbe in tropfbar-flüssiges Wasser zu verwandeln, so wie die Wirkung derselben auf das tropfbar-flüssige Wasser bei der Siedhöhe ebenfalls sich darauf einschränkt, es in Dampf zu verwandeln. So lange diese Verwandlung dauert, bleibt das Thermometer im erstern Falle auf dem Gefrierpuncte, im andern auf dem Siedepuncte unverändert stehen.

§. 614. Da die dem schmelzenden Eise oder dem siedenden Wasser mitgetheilte Wärmematerie also keine höhere Temperatur, keine vermehrte Wirkung auf unser Gefühl oder aufs Thermometer darin hervorbringt, sondern ihre thermometrische und erwärmende Kraft dadurch ganz verliert, daß sie das feste Wasser in tropfbar-flüssiges, oder dieses in Dampf verwandelt; so nennt man sie deswegen unmerklichen, verborgenen, fixirten Wärmestoff (§. 521.). Die Quantität der Wärmetheilen nämlich, die zur Aenderung des Aggregatzustandes des festen Wassers in liquidis, oder des liquiden in dampfförmiges verwendet werden

den muß, muß für das Thermometer und das Gefühl verloren gehen, und in der That kommt sie auch wieder als freye Wärmematerie zum Vorscheine, wenn der Dampf des Wassers zum tropfbar-flüssigen Wasser durch Zusammenrückung, oder das flüssige Wasser plötzlich zum Gefrieren gebracht wird, wie dies die Folge lehret wird. Jene Veränderungen der Form der Materie können nicht erfolgen, ohne daß nicht durch die Anziehungskräfte zwischen dem Wärmestoffe und andern Materien das Verhältniß der wechselseitigen Repulsions- und Anziehungskräfte abgeändert würde und der Wärmestoff seine so genannte Strahlung verliert und gewisser Maßen gefesselt wird.

§. 615. Man muß aber den fixirten Wärmestoff in doppelter Hinsicht unterscheiden: als adhären- den und als chemisch- gebundenen. Die erstere Art der Fixirung findet bey der Schmelzung fester Materien, und dann bey der Verwandlung in Dampf Statt; die letztere hingegen bey der Gasbildung. Dem erstern ist jeder Körper von einer niedrigeren Temperatur zu entziehen vermögend; den letztern hingegen nicht.

§. 616. Ist auch der Wärmestoff, der bloß die Dilatation der thermoskopischen Substanz bewirkt, unmerkbar aber fixirt zu nennen, und noch vom freyen Wärmestoffe zu unterscheiden? Oder ist zwischen dem so genannten strahlenden Wärmestoffe und dem durch andere Materien fortgepflanzten (*Feu propagé* des Pictet, oder *Feu géné* des Prevost) noch zu unterscheiden? Mir scheint dieser Unterschied nicht zulässig, eben weil wir den Wärmestoff nur frey nennen, der auf

auf die thermoskopische Substanz durch Dilatation wirkt. Wenn sich ferner der Wärmestoff nur durch die Anziehungskräfte anderer Materien gegen ihn, nicht durch eigenthümliche Repulsionskraft, fortpflanzte und verbreitete; so würde die torricellische leere wärmeeer oder absolut kalt seyn müssen, und durch sie hindurch würde ein Körper nicht erhitzt werden können, wogegen doch die Erfahrungen streiten. Auch die torricellische leere ist kein eigentliches Vacuum; sondern stets mit dichterem oder dünnerem Wärmestoffe erfüllt, nach Verhältniß der Temperatur der umgebenden Mittel.

§. 617. Der Wärmestoff, der bey der Bildung liquider und elastisch: flüssiger Materien sigirt wird, muß natürlicher Weise wieder als freyer oder sensibeler Wärmestoff zum Vorscheine kommen und Temperaturerhöhung hervorbringen, wenn elastisch: flüssige Körper wieder zu tropfbar: flüssigen oder festen, oder tropfbar: flüssige wieder zu festen werden; so wie hinwiederum Temperaturerniedrigung oder Kälte entstehen muß, wenn feste Körper bey ihrem Schmelzen, oder feste and liquide bey ihrem Uebergange zu elastisch: flüssigen Materien den berührenden Stoffen den dazu nöthigen Wärmestoff entziehen. Es lassen sich hierüber folgende Gesetze festsetzen.

Uebersicht der Gesetze, nach welchen sich die Capacität der Körper gegen den Wärmestoff bey Veränderung der Form ihrer Aggregation richtet, und welche zur Erklärung vieler hierher gehörigen Phänomene dienen können; im Journ. der Physik, B. II. S. 24. ff.

§. 618. I. Der freye Wärmestoff wird zum unmerklichen in Körpern, die aus dem Zustande der

der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen.

§. 619. Hieraus erklärt sich:

- 1) Die Fixität des Gefrierpunctes im schmelzenden Schnee oder Eise (§. 612.)

de Luc Unters. über die Atmosph. Th. I. §. 438
 e — §. desselben neue Ideen über die Meteorologie, §. 179.

- 2) Der Versuch des Hrn. Wille mit Schnee und warmen Wasser (§. 612.). Ein Pf. Schnee von 32 Gr. F. mit 1 Pf. heißen Wassers von 162 Gr. F. giebt eine Temperatur von 32 Gr. Der Schnee wird völlig geschmolzen. Wenn das Wasser über 162 Gr. heiß ist, so vertheilt sich bloß der Ueberschuß über 162 Gr. gleichförmig unter das entstandene Wasser. Die Menge der vom Schnee verschluckten Wärme ist also 130 Gr.; nach Hrn. Black 140 Gr.

Wille, in den schwed. Abhandl. J. 1772 Bd. XXXIV, S. 93; und in den neuen schwed. Abh. J. 1782. Th. II. Crawford. Vers. und Beob. S. 56. ff. de Luc neue Ideen über die Met. §. 211.

§. 620. 3) Die-Erfältung bey der Auflösung krystallinischer Salze in Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten. Man bringe ein Luftthermometer ohne Gestell in ein Glas mit Wasser, ertheile ihm die Temperatur des Wassers und merke den Stand desselben. Man schütte dann von fein gepulvertem Salmiak oder Salpeter hinzu und rühre alles mit einer Glasröhre wohl um. So wie die Auflösung des Salzes anhebt, fängt auch gleich das Thermometer zu sinken an, und sinkt um desto schneller, je schneller

auf die thermostopische Substanz durch Dilatation wirkt. Wenn sich ferner der Wärmestoff nur durch die Anziehungskräfte anderer Materien gegen ihn, nicht durch eigenthümliche Repulsionskraft, fortpflanzte und verbreitete; so würde die torricellische leere Wärmeleer oder absolut kalt seyn müssen, und durch sie hindurch würde ein Körper nicht erhitzt werden können, wogegen doch die Erfahrungen streiten. Auch die torricellische leere ist kein eigentliches Vacuum; sondern stets mit dichterm oder dünnerm Wärmestoffe erfüllt, nach Verhältniß der Temperatur der umgebenden Mittel.

§. 617. Der Wärmestoff, der bey der Bildung liquider und elastisch-flüssiger Materien fixirt wird, muß natürlicher Weise wieder als freyer oder sensibeler Wärmestoff zum Vorscheine kommen und Temperaturerhöhung hervorbringen, wenn elastisch-flüssige Körper wieder zu tropfbar-flüssigen oder festen, oder tropfbar-flüssige wieder zu festen werden; so wie hinwiederum Temperaturerniedrigung oder Kälte entstehen muß, wenn feste Körper bey ihrem Schmelzen, oder feste and liquide bey ihrem Uebergange zu elastisch-flüssigen Materien den berührenden Stoffen den dazu nöthigen Wärmestoff entziehen. Es lassen sich hierüber folgende Gesetze festsetzen.

Uebersicht der Gesetze, nach welchen sich die Capacität der Körper gegen den Wärmestoff bey Veränderung der Form ihrer Aggregation richtet, und welche zur Erklärung vieler hierher gehörigen Phänomene dienen können; im Journ. der Physik, B. II. S. 24. ff.

§. 618. I. Der freye Wärmestoff wird zum unmerklichen in Körpern, die aus dem Zustande
der

der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen.

§. 619. Hieraus erklärt sich:

- 1) Die Fixität des Gefrierpunctes im schmelzenden Schnee oder Eise (§. 612.)

de Luc Unters. über die Atmosph. Bd. I. §. 438
e — g: desselben neue Ideen über die Meteorologie, §. 179.

- 2) Der Versuch des Hrn. Wille mit Schnee und warmen Wasser (§. 612.). Ein Pf. Schnee von 32 Gr. F. mit 1 Pf. heißen Wassers von 162 Gr. F. giebt eine Temperatur von 32 Gr. Der Schnee wird völlig geschmolzen. Wenn das Wasser über 162 Gr. heiß ist, so vertheilt sich bloß der Ueberschuß über 162 Gr. gleichförmig unter das entstandene Wasser. Die Menge der vom Schnee verschluckten Wärme ist also 130 Gr.; nach Hrn. Black 140 Gr.

Wille, in den schwed. Abhandl. J. 1772. B. XXXIV. S. 93. i und in den neuen schwed. Abh. J. 1782. Th. II. Crawford Vers. und Beob. S. 56. ff. de Luc neue Ideen über die Met. §. 211.

§. 620. 3) Die Erkältung bey der Auflösung krystallinischer Salze in Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten. Man bringe ein Luftthermometer ohne Gestell in ein Glas mit Wasser, ertheile ihm die Temperatur des Wassers und merke den Stand desselben. Man schütte dann von fein gepulvertem Salmiak oder Salpeter hinzu und rühre alles mit einer Glasröhre wohl um. So wie die Auflösung des Salzes anhebt, fängt auch gleich das Thermometer zu sinken an, und sinkt um desto schneller, je schneller

ler das Salz aufgelöst wird. — Noch stärker wird die Erkältung, wenn man fein gepulvertes krystallinisches Glaubersalz in Salpetersäure auflöst.

Nach den neuern Versuchen von Waller zeigten sich folgende Mischungen sehr wirksam zur Hervorbringung künstlicher Kälte. Die Temperatur der Materialien war 50° Fahr.

Salze.	Flüssigkeiten.	Hervorgebrachte Temperatur.
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Salmiak 5 Th.} \\ \text{Salpeter 5 Th.} \end{array} \right\}$	Wasser 16 Th.	+ 10° Fahr.
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Salmiak 5 Th.} \\ \text{Salpeter 5 Th.} \\ \text{Glaubersalz 8 Th.} \end{array} \right\}$	Wasser 16 Th.	+ 4° -
Salpetersaures Ammoniak 1 Th.	Wasser 1 Th.	+ 4° -
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Salpeters. Ammoniak 1 Th.} \\ \text{Eodessalz 1 Th.} \end{array} \right\}$	Wasser 1 Th.	- 7° -
Glaubersalz 3 Th.	Verdünnte Salpetersäure 2 Th.	- 3° -
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Glaubersalz 6 Th.} \\ \text{Salmiak 4 Th.} \\ \text{Salpeter 2 Th.} \end{array} \right\}$	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	- 10° -
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Glaubersalz 6 Th.} \\ \text{Salpetersaures Ammoniak 5 Th.} \end{array} \right\}$	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	- 14° -
Phosphorsaures Mineralalkali 9 Th.	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	- 12° -
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Phosphorsaures Mineralalkali 9 Th.} \\ \text{Salpetersaures Ammoniak 6 Th.} \end{array} \right\}$	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	- 21° -
Glaubersalz 8 Th.	Salzsäure 5 Th.	0° -
Glaubersalz 5 Th.	Verdünnte Schwefelsäure 4 Th.	+ 3° -

Die

Die verdünnte Salpetersäure bestand aus 2 Th. rauchender Salpetersäure und 1 Th. destillirten Wassers; die verdünnte Schwefelsäure aus gleichen Theilen Vitriolöl und Wasser.

Beobachtungen über die beste Methode, künstlicher Weise Kälte hervorzubringen, von Richard Walker; in Grens Journ. der Phys. B. III. S. 458. ff.

Herr Lowitz fand besonders, das frostalimische ähnde Gerwachsalkali und die salzsaure Kalkerde zur Hervordrinsung von Kälte bey der Auflösung in Wasser sehr wirksam. Jenes bewirkte mit gleichen Theilen Wasser von $+ 13^{\circ}$ R. eine Kälte von 3° R., und 4 Theile desselben mit 1 Th. Wasser von 3° R. erregten eine Kälte von $- 7^{\circ}$ R. Dieses zu 3 Theilen gegen 2 Theile Wasser von $+ 2^{\circ}$ R. gab eine Kälte von $- 15^{\circ}$.

Versuche über die Hervorbringung künstlicher Kälte, von Hrn. Lowitz; in Crells Chem. Annalen 1796. B. I. S. 529. ff.

§. 621. 4) Die noch stärkere Erkältung bey dem Schmelzen des Schnees oder gestossenen Eises mit krystallinischen Salzen und mit Salpetersäure. Weil im erstern Falle zwey feste Substanzen zugleich in die Form der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, so muß auch ihre vereinigte Wirkung stärker ausfallen, als jeder einzelnen. Uebrigens hat Herr Blagden sehr schön gezeigt, daß die größte Kälte, die durch jedes Salz mit Schnee oder Eis bey dem Schmelzen hergebracht werden kann, diejenige ist, bey welcher eine gesättigte Auflösung eben dieses Salzes gefriert; denn nun fällt die Ursach der Erkältung weg. Durch dergleichen kalt-machende Mischungen ist es möglich, selbst im Sommer den Gefrierpunct des Quecksilbers zu erreichen.

Blagden Versuche über das Vermögen verschiedener Substanzen, den Gefrierpunct des Wassers tiefer herabzubringen; in Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 389.

Versuche über die Hervorbringung einer künstlichen Kälte, von Rich. Walker; in Grens Journ. der Phys. B. I. S. 419. Ebendesselden Verf. über das Gefrieren des Quecksilbers, ebendaf. B. II. S. 342. Ebendesselden vorher (S. 620.) angef. Abb. Lowitzens (S. 620.) angef. Abb.

Herr

Herr Waller (d. a. D.) fand, daß eine Mischung von 12 Theilen Schnee oder gestoßenen Eis, 5 Theilen Kochsalz und 5 Theilen von einem Pulver aus gleichen Theilen Salznatrium und Salpeter, eine Kälte von -18° Fahr. zuwege brachte.

Zwölf Theile Schnee oder gekostenes Eis, fünf Theile Kochsalz und fünf Theile salpetersaures Ammoniak, bewirkten eine Kälte von -25° F.

Schnee oder gekostenes Eis dreyn Theile, und verdünnte Salpetersäure zwey Theile, bey 0° F. vermischt, erzeugten eine Kälte von -46° F.

Schnee drey Theile, verdünnte Schwefelsäure zwey Theile, bey $+30^{\circ}$ F., brachten das Thermometer bis -24° .

Gleiche Theile Schnee und verdünnte Schwefelsäure, bey -20° F. vermischt, brachten eine Kälte von -56° F. hervor.

Um das Quecksilber zum Gefrieren zu bringen, (unter -40° F.) kann man also Schnee und Salpetersäure, erst jedes besonders, in einer der kalt machenden Mischungen von Schnee und Salzen erkalten, dann mit einander vermischen und das Quecksilber in einer Thermometerkugel in dieses Gemisch hineinstellen.

Herr Lowitz (d. a. D.) hat über diesen Gegenstand mehrere Versuche angestellt.

Gleiche Theile Schnee und krystallinisches ätherisches Gewächssalkali, beyde von $-6\frac{1}{2}^{\circ}$ R., brachten -34° R. Kälte. Quecksilber unmittelbar in die Mischung gegossen, erstarrte darin sehr bald zu einem festen Körper.

Eine ähnliche Mischung bey -11° R. gab -40° .

Bey der Temperatur der Materialien von -1° R. brachte mit Schnee trockenes ätherisches Gewächssalkali eine Kälte von -21° , Aetzlauge -27° , krystallisirtes ätherisches Natriumsalkali -21° , ätherischer Salmiakgeist -5° , kohlensaures Ammoniak -17° , gewöhnliches Scheidewasser -19° , rauchende Salpetersäure $-24\frac{1}{2}^{\circ}$, concentrirte Schwefelsäure -19° , rauchende salzichte Säure $-27\frac{1}{2}^{\circ}$, concentrirte Essigsäure -22° , flüssiger Eiseffig -22° .

Bey einer Temperatur von $-2\frac{1}{2}^{\circ}$ R. bewirkte mit dem Schnee trocknes Weinsteinalkali -22° , salpetersaure Kalkerde -22° , fein geriebene Spiegelsilberbutter -22° , salzichte saure Kalkerde -24° , essigsaures Gewächssalkali $-26\frac{1}{2}^{\circ}$, salzichtsäures Eisen $-28\frac{1}{2}^{\circ}$, salzichtsäure Kalkerde -38° .

Die letztere gab bey der Temperatur der Materialien von -13° gar -40° R. mit dem Schnee.

Das vorteilhafteste Verhältniß von Schnee und salzichtsaurer Kalkerde zur Hervorbringung der größten Kälte sind zwey Theile des erstern gegen drey Theile der letztern. Bey $+2^{\circ}$ der Materialien kommt das Gemisch auf -39° , und geht also unter den Gefrierpunct des Quecksilbers.

§. 622. II. Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibeln in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den der Festigkeit übergehen, oder die überhaupt sich mehr verdicken.

§. 623. Dieses Gesetz ist das umgekehrte des vorigen und eine ganz natürliche Folge davon. Die Körper, die Wärmestoff verschluckt haben, um geschmolzen zu seyn, müssen beyem Gesehen denselben wieder entlassen und solcher Gestalt eine Temperaturerhöhung erleiden. Wenn das Wasser gefriert, so setzt es also die Schmelzwärme wieder ab. Bey dem allmählichen Gefrieren läßt sich freylich wegen der in jedem Augenblicke nur unmerklich entweichenden Wärme diese nicht durchs Gefühl und Thermometer wahrnehmen; allein eben in dieser frey werdenden Wärmematerie liegt der Grund, warum das Wasser beyem Gefrierpuncte der Luft nicht plötzlich und durchaus gefriert, und warum das bey einer stärkeren Kälte gefrierende Wasser doch 32° so lange behält, bis es durchaus gefroren ist.

§. 624. Es erklärt sich ferner aus diesem Gesetze: 1) Warum Wasser, das durch Bedeckung mit Oehl und Ruhigstehen, ohne zu gefrieren, bis unter den Gefrierpunct erkaltet war, wenn es nun durch Schütteln oder Erschüttern, oder Umrühren, zum Gefrieren gebracht wird, ein daretin gestelltes Thermometer bis 32° erhebt. 2) Warum z. B. von 1 Pf. Wasser von 32° mit 1 Pf. Schnee von 4° vermisch, fast $\frac{1}{2}$ Pf. Wasser gefriert und das ganze Gemisch

Ec

auf

auf 32° kommt. 3) Warum Salzsolutionen, die nach dem Abbrauchen in der Hitze krystallisirungsfähig geworden sind, weit später erkalten, als eben so stark erhitztes Wasser von eben dem Gewichte oder eben dem Umfange, wenn sie beyde unter gleichen Umständen in ein kälteres Medium gesetzt werden. 4) Warum eine gesättigte Auflösung des Glaubersalzes, die bey der vollkommenen Ruhe in einem verstopften Glasse erkaltete, ohne sich zu krystallisiren, im Augenblicke des Krystallisirens beym Schütteln sich erhitzt. 5) Warum zerfallnes Glaubersalz, Bittersalz, Mineralalkali, gebrannter Alaun, gebrannter Borax, u. dergl., bey der Vermischung mit Wasser von eben der Temperatur, Erhitzung zuwege bringen, da eben die Salze im krystallinischen Zustande Erkältung bewirken. Es wird nämlich im erstern Falle das Wasser zum festen oder Krystallisationswasser. 6) Warum sich gebrannter Gyps, und noch mehr der gebrannte ungelöschte Kalk, mit Wasser erhizen. Das flüssige Wasser wird nämlich damit zum festen Krystallisationswasser. 7) Woher die starke Erhitzung der gebrannten Kalkerde mit Vitriolölhl rühret. 8) Woher die Erhitzung der gebrannten Kalkerde, der äßenden Alkalien, der Metalle bey der Auflösung in concentrirten Säuren kommt. 9) Warum sich Vitriolölhl, Salpetersäure, mit Oehlen vermengt, erhizen. Sie werden nämlich dadurch zu Harzen verdistet. 10) Warum geschmolzener Talg, Fett, Harz, Wachs, so spät erkalten. 11) Warum Vitriolölhl und Wasser, Weingeist und Wasser, Eßig und Wasser, Mehl und

und Wasser, mit einander bei gleicher Temperatur vermischt, eine erhöhte Temperatur erhalten.

§. 625. III. Der freye Wärmestoff wird zum unmerklichen in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den des Dampfes übergehen.

§. 626. Dieses Gesetz erklärt mehrere Erscheinungen: 1) Die Fixität des Siedepunctes des an freyer Luft bei unverändertem Drucke der Atmosphäre stehenden Wassers (§. 579.). 2) Die Erscheinung, daß Wasser, welches im verschlossenen papinianischen Topfe bis über den Siedepunct erhitzt ist, sogleich zum Siedepuncte zurückkehrt, so wie der Dampf durch eine Oeffnung seinen Ausgang nehmen kann. 3) Warum 8 Pf. Eisenfeil von 300° F. mit 1 Pf. Wasser von 212° vermengt nur eine Temperatur von 212° des Gemenges hervorbringen. 4) Warum offene Gefäße, worin Wasser kocht, durch das Feuer nicht merklich über den Siedepunct erhitzt werden können. 5) Warum ein Zwirnsfaden, der um ein mit Wasser gefülltes, verstopftes Weichinglas dicht gebunden ist, über der Flamme eines Lichtes nicht verbrennt. 6) Die Abkühlung der Zimmer im Sommer durch Besprengen mit Wasser, und die Methode zu Denares in Indien, Eis zu machen. 7) Das Sinken eines empfindlichen Luftthermometers, unter der Glocke des Luftpumpe beim Verdünnen der feuchten Luft darunter. 8) Die starke Erkältung beim Verdunsten des Aethers, (Franklins Problem.)

2. Beschreibung der Art und Weise, wie man zu Venetien in Ostin den Eis verfertigt, von Hrn. Lloyd Williams; in *Grens Journal der Physik*, B. VIII. S. 499. ff. S. 412. ff.

Ueber die bequemste Art, Wasser durch Verdunstung des Bitriols sonders gefrieren zu machen, vom Hrn. Hofr. Mayer; im neuen *Journ. der Physik*, S. II. S. 394. ff.

§. 627. Endlich erklärt dieses Gesetz 9) die so genannte Kälte-erzeugende Kraft des lebenden Menschen in einem Medium, das über die Temperatur der Blutwärme erhöht ist. Da nämlich der lebende Körper eine Quelle zur Entwicklung des Wärmestoffes in sich selbst hat, so würde, wenn die umgebenden Mittel von niedrigerer Temperatur den Wärmestoff nicht abführten, dieser sehr bald in dem Maße angehäuft werden müssen, daß er nachtheiligen und tödtenden Reiz für den Körper wirkte. In einem Mittel aber, das über die Blutwärme in der Temperatur erhöht ist, kann diese Abführung der Wärme durch dieses Mittel nicht geschehen; aber nun öffnet sich auch eine Quelle zur Abführung in desto reichlicherem Maße, nämlich die Ausdünstung.

Chr. Henr. Guil. Roeh dial. de transpiratione entanea aequilibrii caloris humani conservationi inserviente. Hal. 1793. 8.

§. 628. IV. Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibeln in Körpern, die aus dem Zustande des Dampfes zu tropfbar-flüssigen oder festen werden.

§. 629. Dieses Gesetz ist wieder das umgekehrte des vorigen. Als Beispiele zur Erklärung dienen:

1.) Warum eine kleine Quantität Wasser in Dampfgestalt, z. B. bey Destillationen, weit mehr Wärme bey seinem Niederschlagen absetzt, als eine gleiche

2.

3.

Quan-

Quantität Wasser, wenn auch die Temperatur in beiden gleich ist. 2) Warum der Wasserdampf bei seiner Zusammenrückung und daher entstehender Verminderung Temperaturerhöhung bewirkt; und warum unter der Glocke der Luftpumpe ein empfindliches Luftthermometer steigt, wenn man zu dem im Guerik'schen Raume enthaltenen Dunst-Luft läßt. Nach Hrn. Watts Erfahrung ist die Quantität des Wärmestoffes, der als latenter im Wasserdampfe bei gleicher Temperatur mehr enthalten ist, als im kochenden Wasser von eben dem Gewichte, so groß, daß, wenn er in einer nicht verdunstbaren Substanz von einerley Capacität und Gewicht mit dem Wasser frey und sensibel würde, die Temperatur dieser Masse um 943° erhöhen würde.

De Luc neue Ideen, S. 249—252.

§. 630. V. Der freye Wärmestoff wird verschluckt und zum unmerklichen, wenn Substanzen die Gasgestalt annehmen.

§. 631. VI. Der unmerklich gewordene Wärmestoff wird wieder frey, wenn Gasarten ihren luftförmigen Zustand verlieren und zum flüssigen oder festen Stoffe niedergeschlagen werden.

Die Erfahrungen über die Gasarten, die in der Folge erst vortragen werden können, werden diese beyden letztern Gesetze bestätigen.

§. 632. Da das Eis von 32° Gr. F. bei seinem Uebergange zum tropfbar-flüssigen Wasser von eben dieser Temperatur nur eine bestimmte Quantität freyen Wärmestoffes verschluckt, und diese solcher Gestalt der Menge des geschmolzenen Eises proportional ist; so haben

haben Hr. Lavoisier und de la Place hierauf einen Apparat gegründet, theils die specifische Wärme des Körper zu bestimmen, theils die verhältnißmäßige Quantität des Wärmestoffes zu messen, die bey der Zersetzung der Körper und der Aenderung ihrer Form oder sonst bey dem Verbrennen frey wird. Sie nennen ihn ein Calorimeter; das freylich besser ein Thermometer heißen sollte. Sonst nennt man ihn auch den Eisapparat. Wie Unrecht sieht man alle die bey der Anstellung der Versuche damit von den Erfindern angegebenen Zahlen als Ausdrücke für die specifische Wärme der Körper an, da die mehresten die bey der Formänderung frey gewordene latente Wärme anzeigen. Erinnerungen gegen den Apparat selbst hat Hr. Wedgwood gemacht.

Lavoisier traité de chimie, T. II. à Paris 1789. S. 387. Wedgwood, in den philos. transact. Vol. LXXIV. S. 371.

Mittel, die Temperatur der Körper zu erhöhen.

§. 633. Nach den angeführten Gesetzen der Zirkulation und Entbindung des Wärmestoffes kann also Erhitzung oder Temperaturerhöhung in sehr vielen Fällen dadurch hervorgebracht werden, daß Materien durch ihre Einwirkung auf einander oder durch Veränderung ihrer Mischung ihre Form ändern, wobei vorher latent gewesener oder chemisch gebundener Wärmestoff frey wird.

§. 634. Es ist aber wahrscheinlich, daß Wärmestoff nicht bloß von Materien in ihrem gasförmigen Zustand

Zustande chemisch gebunden werde, sondern daß sie ihn auch in andern Zuständen der Aggregation oder der Form wirklich chemisch gebunden enthalten können; oder ohne daß er vermdgend sey, sie zu expansibeln Flüssigkeiten zu machen; und zwar, daß sie bey gleicher Masse nach ihrer verschiedenen Anziehung dazu mit verschiedenen Quantitäten desselben vereinigt sind, und daß durch die Veränderung der Mischung dieser Materien dieser gebundene Wärmestoff in größerer oder geringerer Menge daraus frey werde. Und dies wäre ein zweytes Mittel, wie Temperaturerhöhung unabhängig von der Formänderung entstehen kann.

§. 635. Eine dritte Quelle zur Entstehung der Wärme, und die vorzüglichste und hauptsächlichste für unsern Erdbörper, ist das Sonnenfeuer; über seine Wirkungsart kann aber erst in der Folge bey der lehre vom lichte die Untersuchung angestellt werden.

§. 636. Das Verbrannen entzündlicher Materien, oder das Küchenfeuer, ist ein viertes Mittel, Hitze zuwege zu bringen. Die Folge wird lehren, daß es hauptsächlich dadurch wirkt, daß dabey eine gasförmige Substanz zerseht wird, und also eigentlich das oben (§. 631.) angeführte Gesetz Statt findet.

§. 637. Ein fünftes Mittel, Wärme zu erregen, ist endlich das Reiben fester Körper unter einander, das man ehemals gar für die einzige Quelle aller Temperaturerhöhung ansah. Obgleich noch nicht alle Umstände bey dieser so gewöhnlichen Erscheinung ins lichte gesetzt sind, so scheint doch so viel ausgemacht zu seyn,

seyn, daß eine plötzliche und starke Zusammendrückung der Theile der sich reibenden Körper Statt finden muß, wann dadurch Hitze erzeugt werden soll, wie auch das Geräusch, das beim Reiben immer zugegen ist, bezeugt. Vielleicht wird nun durch diese plötzliche Zunahme der Dichtigkeit der Theile ihre Capacität oder ihre specifische Wärme (§. 553.) vermindert, und so Anhäufung von freiem Wärmestoffe oder Temperaturerhöhung zuwege gebracht. Hieraus ließe sich erklären, wie bei übrigens gleichen Umständen und gleichen Körpern die Entstehung der Wärme um desto größer sey, je heftiger das Reiben geschieht oder je schneller und stärker die successiven Zusammenrückungen und Schwingungen der Theile erfolgen. Ferner lehren die Erfahrungen, daß die Leitungskraft der Körper für die Wärme auf die Erregung der Hitze vielen Einfluß habe, und daß diese bei gleicher Stärke der Reibung um desto größer sey, je schlechtere Leiter für die Wärme die reibenden Substanzen sind. Die Luft, welche die reibenden Substanzen berührt, kann daher auch Wärmetheilchen schnell genug ableiten, daß ihre Wirkung nicht bemerkbar wird, wenn die Wirkung des Reibens nur schwach ist; und wirklich fand Dietet auch im luftleeren Räume deshalb die Wirkung des Reibens größer, als im luftvollen, was zu gleicher Zeit beweiset, daß die Luft selbst die beim Reiben stärker Körper erregte Wärme nicht hergiebt. Freylich kann aber beim Reiben entzündlicher Substanzen die Temperatur derselben bis zu ihrer Entzündungshitze erhöht und dadurch Verbrennen hervorgebracht werden,

den, wobei dann die Luft allerdings zur Erzeugung der Hitze wirksam ist. Flüssige Körper können sich wegen der Verfließbarkeit ihrer Theile nicht unter einander reiben, wie man sonst annahm. In ihnen selbst ist daher diese Art der Erregung der Wärme nicht möglich. Bei elastischen Flüssigkeiten kann jedoch durch plötzliche Zusammendrückung derselben auf eine ähnliche Art, wie beim Reiben, Wärmestoff angehäuft werden, wie die Temperaturerhöhung der Luft beim schnellen Comprimiren derselben offenbar beweiset.

Dietrich Versuch über die Wärme, die durch das Reiben hervor gebracht wird; in seinem Versuche über das Feuer, S. 144. ff.

Um sich zu belehren, wie man es anfangen müsse, dies jenigen, welche eine materielle Ursache der Wärme so wohl als des Leuchtens annehmen, der größten Inconsequenz zu beschuldigen, lese man Herrn Alex. Nicol. Scherers Vindictae zu den Grundätzen der neuen chemischen Theorik. Jena 1696. 8.

Zweites Hauptstück.

B i c h t.

§. 638.

Den Tage und bey der Erhellung durch Feuer oder durch leuchtende Materien bringen die Gegenstände in unsern gesunden Augen eine Empfindung zuwege, welche jedermann unter dem Namen des **Sehens** kennt, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, von der Lage, Figur, Größe und Bewegung der sichtbaren Gegenstände urtheilen zu können.

§. 639. Die objectivc Ursach dieser Empfindung nennt man **Licht** oder **Lichtmaterie** (*Materia lucis*). Außer dem Sinne des Gesichts kann dieses Wesen freylich von keinem andern Sinne empfunden werden: da es aber das Organ des Gesichts rührt, ihm sogar beschwerlich und schmerzhaft werden kann; da wir es vermehren, vermindern, absondern, messen, fixiren und versetzen können; kurz, da es im Raume und in der Zeit enthalten ist: so ist gar kein Bedenken, sein materielles Daseyn anzunehmen und ihm objectivc Realität zuzuschreiben.

§. 640. Der Zustand der Körper, die in unsern Augen die Empfindung des Sehens hervorbringen, heißt **Erleuchtung** oder **Zelligkeit** (*Claritas*), welchem die **Dunkelheit** oder **Sinisterniß** (*Obscuritas*) entgegengesetzt ist, die, wie niemand zweifelt, kein eige-

eigenes Dunkel-machendes Wesen voraussetzt, sondern bloße Abwesenheit des Lichts oder auch Verminderung desselben bis auf einen Grad ist, der von uns nicht mehr empfunden werden kann.

§. 641. Diejenigen Körper, die aus sich das Licht entwickeln, und also für sich allein die Empfindung des Sehens verursachen, heißen leuchtende Körper (*Corpora lucentia*), und dahin gehören die Sonne, die Fixsterne, alle brennende Körper; alle andere Körper aber, die uns nur durch Hülfe jener sichtbar werden, heißen, wenn sie die Empfindung des Sehens bewirken, erleuchtete oder erleuchtete Körper.

Schwach leuchtende Körper können durch stark leuchtende oben auch ganz unsichtbar oder zu bloß erleuchteten gemacht werden, weil die gleichzeitige stärkere Empfindung in einem und demselben Organe die ungleich schwächere vermischt. So sieht man Phosphor beym Tageslichte nicht leuchten, nur erleuchtet, und die Schirne sind unserm bloßen Gesichte dann ganz unsichtbar.

§. 642. Wenn wir durch gewisse Körper die gerade Linie unterbrechen, die von unserm Auge zu dem leuchtenden oder erleuchteten Gegenständen gezogen werden kann, so können wir diese nicht mehr sehen; verschiedene andere Körper hingegen verhindern es in diesem Falle nicht, sondern wir können durch sie die leuchtenden oder erleuchteten Gegenstände wahrnehmen. Jetzt heißen opake oder undurchsichtige Körper (*Corpora opaca*); diese durchsichtige (*Corpora transparentia, diaphana, pellucida*). Die Durchsichtigkeit derselben leidet übrigens verschiedene Stufen. Sie hängt nicht von der Menge der Zwischenräume;
sonst

sondern von der geradlinigen Richtung des Lichts in der Masse ab, wie weiter unten näher erläutert werden wird.

Nöthige Erinnerung hierben wegen des Gebens vermittelst der durch Spiegel reflectirten Strahlen.

§. 643. Wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, so findet man, daß die Erleuchtung der hinter einander liegenden Lufttheilchen eine gerade Linie macht. Da aber auch erleuchtete Gegenstände nicht wahrgenommen werden können, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen durch undurchsichtige Körper unterbrochen wird, so muß sich das Licht so wohl von den leuchtenden als erleuchteten Körpern in geraden Linien fortpflanzen.

§. 644. Die Theilchen des Lichts, die in Einer geraden Linie sich hinter einander bewegen, nennt man einen Lichtstrahl (Radius lucis). Die durchsichtigen Körper (§. 642.) müssen diese Lichtstrahlen durch sich nach unserm Auge hindurchgehen lassen, sonst würden wir durch sie hindurch die sichtbaren Gegenstände nicht wahrnehmen können.

§. 645. Ein isolirter leuchtender oder erleuchteter Punct ist von allen Seiten her sichtbar; folglich verbreitet sich auch das Licht von jedem sichtbaren Puncte nach allen Richtungen zu.

§. 646. Das Licht ist also eine expansibele Flüssigkeit, deren Theilchen durch überwiegende Repulsionskraft in Bewegung gesetzt werden; und diese bewegen

geht sich von der Quelle aus, wo sie erzeugt werden, nach allen Richtungen zu, wie die Kugel einer Kugel vom Mittelpunkte nach der Fläche. Wir können uns also die Verbreitung des Lichts von jedem leuchtenden oder erleuchteten Punkte als eine Sphäre von unbestimmter Größe vorstellen, deren Centrum der strahlende Punkt einnimmt, und deren Radii die Lichtstrahlen sind. Bei sichtbaren Punkten auf Flächen undurchsichtiger Körper kann dieser Ausfluß des Lichts als eine Hemisphäre gedacht werden.

§. 647. Das Licht ist ferner eine rein expansible Flüssigkeit. Kein einziger Versuch kann die Schwere desselben beweisen, oder darthun, daß seine Bewegung durch die Schwere in der Richtung abgeändert wurde. Es zeigt sich durchaus als inponderable Substanz.

§. 648. Diefemnach müßte das Licht sich ins Unendliche verbreiten, weil seine Repulsionskraft sich nicht durch sich selbst beschränken kann, und wirklich erfülle auch das Licht nie mit Beharrlichkeit seinen Raum.

§. 649. Die Untersuchungen in der Folge werden aber wahrscheinlich machen: daß die Elasticität oder Expansibilität des Lichts nicht ursprünglich, sondern mitgetheilt ist, und daß es aus einer an sich nicht expansibeln Substanz und dem Wärmestoffe besteht, durch welchen jene ihre elastische Flüssigkeit erhält; daß es durch Anziehung anderer Materien, entweder gegen seine Basis oder gegen seinen Wärmestoff, zerlegt werden, und so

so dahin gebracht werden kann, in einem begrenztem Raume, freulich nicht mehr als elastisches Fluidum, gefesselt zu werden.

§. 650. Aus der Expansibilität des Lichts folgt schon: daß es als Continuum seinen Raum erfüllen müsse; daß es also keine so genannte discrete Flüssigkeit bilden könnte, deren Theilchen durch große Zwischenräume in Beziehung auf ihren Durchmesser von einander abgesondert wären; und daß es sich nicht in abgesonderten, nicht contiguousen, Strahlen verbreite.

§. 651. Indessen dient diese Vorstellung, daß sich das Licht in discreten Strahlen verbreite, zur anschaulichern Erklärung der folgenden Erscheinungen; die Optik läßt sich so gewisser Maßen auf eine Geometrie des Lichtes zurückbringen. Ich werde deshalb diese Vorstellungsart im Folgenden zum Grunde legen, obgleich in der Wirklichkeit das Licht in einem contiguousen Ströme ausfließt und auch bei der größten Dünne ein Continuum im Raume bildet.

In der Wirklichkeit kann man ja auch nie einen Lichtstrahl darstellen; dazu müßte man das Licht durch ein unendlich kleines Loch in ein dunkleres Zimmer treten lassen, dessen Umbglühtheit jedermann einseht.

§. 652. Die Geschwindigkeit der Ausbreitung der Theilchen des Lichts vom strahlenden Punkte ist so groß, daß die Zeit, die es braucht, um einen auf der Erde zu übersehenden Raum zu durchlaufen, für uns nicht mehr meßbar ist. Indessen ist diese Bewegung doch nicht instantan, oder ohne Zeit, wie man ehemals

jemals glaubte, sondern für sehr große Wärme allerdings meßbar und nicht außer aller Vergleichung groß, wie die Astronomie lehrt. Den sichersten Beobachtungen derselben zufolge durchläuft das Licht den Weg von der Sonne zur Erde, oder den Raum, der dem mittlern Halbmesser der Erdbahn oder 23430 Halbmessern der Erde gleich ist, in 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Secunde. Diese Geschwindigkeit verhält sich zu der, mit welcher die Erde um die Sonne läuft, wie 10313 : 1; zu der Geschwindigkeit, mit welcher ein Punct des Aequators der Erde bey ihrer Umdrehung um die Achse geführt wird, wie 633539 : 1; und zu der Geschwindigkeit des Schalles in der Luft beynabe wie 976000 : 1. Diese Geschwindigkeit des Lichts giebt also binnen Einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographischen Meilen. Außer dieser großen Geschwindigkeit des Lichts und aus der Dauer der Empfindung in unserm Organe nach empfangener Impression läßt es sich denn auch erklären, warum ein nicht continuirlicher Strom des Lichts, der in sehr kleinen Zwischenzeiten von einem Orte her erfolgt, uns als ein continuirlicher erscheinen kann.

Admer, ein baltischer Astronom, beobachtete mit Cassini in den Jahren 1671 bis 1675 die Verfinsterungen der Jupitermonde fleißig, und fand, daß bey den verschiedenenstellungen der Erde in ihrem Kreislaufe um die Sonne die Zeit des Austritts des ersten Mondes aus dem Schatten des Jupiters nicht so erfolgte, als es der Berechnung nach hätte seyn müssen. Es sey z. B. (Fig. 55.) S die Sonne, T die Erde, TOM ihre Bahn um die Sonne, to der Halbmesser dieser Bahn, I der Jupiter und BA ein Theil seiner Bahn um die Sonne, L der erste Mond des Jupiters, und Labo die Bahn dieses Mondes um den Jupiter. Wenn die Erde sich in T befindet, und der Beobachter auf derselben nimmt den Austritt des Jupitersmondes L aus dem Schatten des Jupiters in 1 wahr, so wird



des Lichtkegels ist; und daß die Erleuchtung der Fläche sich verkehrt verhalten müsse, wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Fläche.

Es sey \circ (Fig. 46.) ein strahlender Punkt, aus welchem rund herum Lichtstrahlen ausfließen. Wenn ein Theil dieses Lichts von der Kreisfläche ACB aufgefangen wird, deren Durchmesser AB ist, so ist \circ AB ein Strahlenkegel, dessen Spitze \circ und dessen Grundfläche ACB ist. Die dem strahlenden Punkte \circ zugekehrte Seite der Kreisfläche ACB wird von demselben Erleuchtung erhalten und alles Licht empfangen, das zwischen den äußern Strahlen \circ A und \circ B an der Peripherie des Kegels enthalten ist. Wird nun diese Kreisfläche nur halb so weit vom strahlenden Punkte \circ in ab gestellt, so daß, wie vorher, die Achse desselbigen Strahlenkegels \circ C senkrecht auf ihrem Mittelpunkte steht, so wird nur der vierte Theil dieser Kreisfläche von oben den Strahlen erhellet werden, die vorher die ganze Fläche erhellten; denn die Kreisflächen verhalten sich wie die Quadrate der Durchmesser. Der Durchmesser der Durchschnittsfläche des Kegels, die bey dem auf die Achse senkrecht geführten Schnitte in der halben Entfernung derselben von der Spitze entsteht, ist also halb so groß. ABC empfängt also bey der noch einmal so weiten Entfernung von \circ auf ihrer ganzen Fläche nicht mehr Lichtstrahlen von \circ , als der vierte Theil derselben Fläche, wenn sie in ab oder in der halben Entfernung von \circ steht. Der Theil der Fläche, der in ab alle Strahlen eben dieses Strahlenkegels auffängt, wird also bey der doppelten Entfernung von \circ in AB nur den vierten Theil der Strahlen dieses Strahlenkegels empfangen, folglich bey der doppelten Entfernung viermal weniger vom strahlenden Punkte \circ erleuchtet werden; und die Intensität der Erleuchtung wird sich also umgekehrt verhalten, wie das Quadrat der Entfernung vom strahlenden Punkte.

Wenn ferner die Achse \circ C des Lichtkegels \circ AB nicht senkrecht auf der Fläche ACB steht, sondern diese schief dagegen, wie ab, gestellt wird, so lehrt der Augenschein, daß alsdann nicht mehr alle zwischen \circ A und \circ B enthaltene Strahlen die Fläche treffen können, sondern ein Theil vorbeigeht, und also weniger Lichtstrahlen sie erhellet müssen, als vorher.

Wenn also bey der Entfernung 1. B. von 20 Fuß von der Flamme einer brennenden Wachskerze kleine Schrift mit einer gewissen Deutlichkeit gelesen werden kann, so werden bey der Entfernung von 20 Fuß vier solcher Klammern der Wachskerze nöthig seyn, um die Schrift in eben der Stärke der Erleuchtung wahrzunehmen. Doch ist dieses Experiment nicht ganz passend.

§. 656. Versuche, welche die Schwächung des Lichts bey seinem Fortgange im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom strahlenden Puncte beweisen, hat Hr. Graf Rumford angestellt und dazu ein sinnreiches Photometer beschrieben.

Beschreibung einer Methode, die comparativen Intensitäten des Lichts leuchtender Körper zu messen, vom Hrn. General lieutenant Benj. Thompson, Grafen von Rumford; in Green's neuem Journ. d. Physik, B. II. S. 19. ff.

§. 657. Es folgt aus dem angeführten Gesetze der Schwächung des Lichts bey seiner Verbreitung (§. 655.), daß, wenn auf einer gegebenen Fläche die Stärke der Erleuchtung oder die Dichtigkeit des Lichts zweyer verschiedener Lichtquellen, (unter gleichem Auffallswinkel der Strahlen,) gleich ist, die Intensitäten oder Dichtigkeiten der respectiven Lichtmassen bey ihrem Ausflusse sich verhalten müssen, wie die Quadrate der Entfernungen dieser Lichtquellen von der Fläche.

Wenn so z. B. ein schwächeres Licht bey 4 Fuß Entfernung, und ein stärkeres Licht bey 2 Fuß Entfernung von einerley Fläche diese gleich stark erleuchten, so wird in diesem Falle die Intensität des stärkern Lichts zu der des schwächern bey'm Ausflusse sich verhalten, wie $3^2 : 4^2 = 64 : 16 = 4 : 1$.

Wenn ferner die Erleuchtung einer gegebenen Fläche durch ein Kerzenlicht eben so stark ist, als durch das Mondlicht, so muß die Intensität des Mondlichts bey seinem Ausflusse zu der Intensität des Lichts in der Flamme der Kerze sich verhalten, wie das Quadrat der Entfernung des Mondes von der Fläche zum Quadrat der Entfernung des Kerzenlichts von derselben.

§. 658. Die Lichtstrahlen, welche bey ihrer Entzweyelung aus dem strahlenden Puncte ausfahren, entfernen sich natürlicher Weise immer weiter von einander und heißen divergirend, aus einander fahrend (Radii divergentes); und ihre Divergenz muß desto

D d 2

größter

größt seyn, je größt der Winkel an der Spitze des Strahlenkegels ist. Sonst können aber auch Lichtstrahlen, (wie dies in der Folge erhellen wird,) von einer Fläche nach einem Puncte hin zusammenlaufen oder convergiren (Radii convergentes); und es muß ebenfalls die Convergenz derselben desto größer werden, je näher die Spitze des Strahlenkegels nach der Grundfläche desselben zu tritt.

Es sey (Fig. 57.) AB eine Kreisfläche, die vom strahlenden Puncte c Erleuchtung erhält, so ist cAB ein Strahlenskegel, und der Winkel, welchen die zwei äußern Strahlen an entgegengesetzten Puncten der Peripherie A und B mit einander in c machen, AcB. Wird dieselbige Grundfläche dem strahlenden Puncte c näher gestellt, wie in ab, so wird der Winkel acb, den nun die äußern Strahlen an den entgegengesetzten Puncten a und b der Peripherie bilden, größer; die Größe der Divergenz der Strahlen wird so aus der Größe des Winkels in c beurtheilt.

Es laufe ferner ein Strahl (Fig. 58.) von A nach c, und ein anderer von B nach c, so heißen sie nun convergirend, und die Größe ihrer Convergenz wird durch den Winkel AcB ausgedrückt. Wenn nun eben diese Strahlen früher zusammentreffen, wie Af und Bf, so wird der Winkel AfB größer seyn, und man sagt, ihre Convergenz sey größer.

§. 659. Wenn die Fläche, welche die divergirenden Strahlen von einem strahlenden Puncte aufsfängt, sich weiter vom letztern entfernt, so wird auch der Winkel der äußersten an entgegengesetzten Puncten der Peripherie der Fläche auffallenden divergirenden Strahlen kleiner, und bey einer sehr großen Entfernung endlich so klein, daß der Winkel für uns ganz verschwinden, und daß man die auffallenden Strahlen als parallel ansehen kann, die also dann einen Strahlenzylinder zu bilden scheinen.

§. 660. In einem freyen Mittel würde die Stärke des Lichts paralleler Strahlen bey ihrem Fortgange nicht vermindert werden; sie wird es aber in durchsichtigen Körpern, weil diese nicht völlig und nie so durchsichtig sind, daß sie gar keine Strahlen aufhalten sollten. Ueberhaupt aber nimmt die Stärke des Lichts darin nach einer geometrischen Progression ab, wenn das Medium homogen und gleichförmig dicht ist.

Es sey ein durchsichtiges Medium, von homogener Natur, dessen Dichtigkeit in allen Theilen gleichförmig sey, und wos in also das Verhältniß der Theile, die das Licht interceptiren, zu denen, die es durchlassen, einerley sey in dem Ganzen, wie in einzelnen Schichten des Ganzen. Man denke sich nun das ganze Medium in gleiche Schichten abgetheilt, so ist klar, daß, wenn das Verhältniß der Theilchen des Raums, die das Licht interceptiren, zu denen, die es durchlassen, wie $x : 1$, und die Lichtmenge, die als parallel in die erste Schicht tritt, durch 1 ausgedrückt wird, der das von aufgehaltene Theil $\frac{1}{x}$ seyn wird. Die durch die erste

Schicht durchgehende Lichtmenge wird also $1 - \frac{1}{x}$ seyn; in der zweyten Schicht des Mediums wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{1}{xx}$ aufgefangen werden, folglich wird durch diese zweyte Schicht nur die Menge des Lichts gehen, die durch $1 - \frac{1}{x} - \frac{1}{x} + \frac{1}{xx} = 1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$ ausgedrückt wird. In der dritten Schicht

wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{2}{xx} + \frac{1}{xxx}$ wieder aufgehalten werden, folglich wird durch diese dritte Schicht nur die Lichtmenge $1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} - \frac{1}{x} + \frac{2}{xx} - \frac{1}{xxx} = 1 - \frac{3}{x} + \frac{3}{xx} - \frac{1}{xxx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$ hing durchgehen und zur vierten gelangen; u. s. w. Wenn also die Stärke des Lichts, d. i.: die Menge des Lichts, das in parallelen Strahlen auf die erste Schicht trifft, durch 1 ausgedrückt wird, so ist sie auf der zweyten gleichen Schicht $1 - \frac{1}{x}$, auf der dritten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$, auf der vierten

$\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$. Sie nimmt folglich in einer geometrischen Progression ab. Sind die Strahlen divergirend, so nimmt es auch noch über dies in der Progression: $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4} \text{ u. s.}$, in den auf einander folgenden homogenen, gleichen, Schichten ab; und aus beider Progressionen folgt, daß das Licht dann in der Progression: $1 - \frac{1}{x}, \frac{\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3}{4}$, $\frac{\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3}{9}$ u. s. w. abnehme.

Scherffer institutiones physicae, P. II. S. 416. ff. 306. ff.

§. 661. Um die Schwächung des Lichts beim Durchgange durch durchsichtige Mittel zu messen, dient ebenfalls das vorhin erwähnte Rumforsche Photometer (§. 656.). Winder genau und zuverlässig sind die von Bouguer und Lambert angestellten Versuche.

Herr Graf von Rumford fand, daß das Licht einer Argand'schen Lampe beim Durchgange durch eine Tafel von hellem, durchsichtigen, gut polirten Spiegelglase in dem Verhältnisse von 2,1864 zu 1,0000 geschwächt wurde, oder daß nur 0,3136 der ganzen Lichtmenge, die auf die Glasfläche fiel, durch das Glas hindurch ging. Nach einem Mittel mehrerer Versuche fand er den Lichtverlust 0,1973; bei einer andern Glastafel von derselbigen Glasart im Mittel 0,1869: durch beide Glastafeln zusammen war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,3184. — Bei einer sehr dünnen reinen Tafel von hellem weißem Fensterglase war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,1263. — Die Durchsichtigkeit der Luft fand Hr. Gr. von R. so groß, daß die Verminderung, welche das Licht beim Durchgange durch einige Fuß derselben erleidet, unbemerktbar war. Beim Durchgange durch sehr große Räume der Luft wird das Licht aber allerdings merklich geschwächt, die Berechnungen aber, welche Bouguer und Lambert angestellt haben, beruhen auf gar keinem sichern Datu.

Rumfords o. a. Abb. S. 43. ff.

Bouguer traité d'optique sur la gradation de la lumière. à Paris 1729. 18. 1760. gr. 4. I. Henr. Lambert photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vind 1760. 8.

Saussure's Diaphanometer. S. Greng neues Journ. der Phys. ft. B. IV. S. 101. ff.

§. 662.

§. 662. Durch undurchsichtige Körper wird das Licht in seinem Fortgange unterbrochen. Diese Unterbrechung des Lichts nennt man Schatten (Umbra), dessen Dunkelheit von der geringern oder größern Erleuchtung durch benachbarte erleuchtete Gegenstände herrührt. Schatten ist daher Abwesenheit des Lichts oder Verminderung desselben, und jeder opake Körper hat so viele Schatten, als ihn leuchtende Körper erhellen. Der Schatten ist eigentlich keiner Bewegung fähig; und vollkommener Schatten ist nur durch seine Grenzen erkennbar.

§. 663. Aus der gleichen Stärke zweier Schatten, die ein und derselbe dunkle Körper von zwey leuchtenden Körpern auf einerley Fläche wirft, und wovon also der dem einen Lichte zugehörige Schatten durch das andere Licht, und umgekehrt, erhellt wird, folgt die Gleichheit der Intensität der Erleuchtung durch beyde leuchtende Körper; und daraus läßt sich dann nach §. 657. weiter die Intensität des Lichts bey seinem Ausflusse finden. Hierauf gründet sich das Rumfordische Photometer.

§. 664. Nicht allein die Seite des dunkeln Körpers, auf welche keine Lichtstrahlen von einem strahlenden Punkte fallen, steht im Schatten, sondern jener wirft auch einen Schatten auf andere hinter ihm stehende Körper, da die Lichtstrahlen in gerader Linie fortgehen (§. 653.). Diese letztere Art des Schattens heißt gerader Schatten (Umbra recta), wenn er auf eine Horizontalebene fällt, auf welcher der dunkle

le Körper vertical steht; und umgekehrter Schatten (Umbra versa), wenn er auf eine gegen den Horizont vertical stehende Ebene durch einen horizontal stehenden dunkeln Körper, wie z. B. durch einen Stab, der in einer Mauer steckt, gemacht wird.

§. 665. Aus der geradlinigen Ausbreitung des Lichts folgt: daß die Figur des Schattens von den äußern Lichtstrahlen, die an der Grenze des dunkeln Körpers zunächst vorbeystreichen, bestimmt werde; daß der Schatten des Körpers bey seinem Fortgange breiter werde, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkle; daß der Schatten des Körpers abnehme, wenn der Durchmesser des leuchtenden Körpers bey derselbigen Entfernung vom dunkeln Körper größer wird; daß der Schatten einer dunkeln Kugel cylindrisch sey, wenn sie gleichen Durchmesser mit der leuchtenden hat; conisch, wenn sie beide ungleichen Durchmesser haben; daß im letztern Falle der Schatten die Figur eines umgekehrten abgekürzten Kegels habe, und bey seinem Fortgange unbegrenzt sey und immer breiter werde, wenn der Durchmesser der dunkeln Kugel größer ist, als der leuchtenden; und endlich, daß der Schatten in eine Spitze auslaufe, wenn der Durchmesser der leuchtenden Kugel größer ist, als der dunkeln. Ferner ist die Länge des geraden Schattens auf einer horizontalen Ebene ohne Grenzen, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkle, und nicht höher steht, als der dunkle; steht er aber höher, als der dunkle, und ist er als ein Punct zu betrachten, so ist die Länge des

fes

ses geraden Schattens begrenzt und verhält sich zur Perpendicularhöhe des dunkeln Körpers, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es sey (Fig. 59.) AB ein dunkler Körper, der auf der Horizontalalebene BD vertical steht. In S sey ein leuchtender Punkt, der nun gegen die ihm zugekehrte Seite des Körpers AB Lichtstrahlen sendet. Die abgewendete Seite von AB steht aber dagegen im Schatten, und der Körper AB verhindert auch, daß in der Länge BC Licht auf die Horizontalalebene BD falle. SAC ist der erste Lichtstrahl, der von S auf die Ebene fallen kann, und begrenzt so die Länge des Schattens BC. Die Höhe des leuchtenden Punktes S über AB wird durch den Winkel SCB gemeßen, dessen Sinus AB ist. Da BC dem Cosinus AF gleich ist, so steht man leicht, daß $CB : AB = AF : AB$, oder daß sich die Länge des Schattens zur Höhe des Objects verhält, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es folgt hieraus, daß, wenn die Höhe des leuchtenden Punktes über der Horizontalalebene, auf welcher der dunkle Körper senkrecht ist, 45° beträgt, die Länge des geraden Schattens gleich der perpendicularären Höhe des Objects ist.

§. 666. Von diesem wahren Schatten oder Kernschatten (§. 662. — 665.) ist noch der Halbschatten (Penumbra) zu unterscheiden, der zwischen Schatten und Licht liegt, wohin erleuchtende Strahlen nur von einigen Punkten des leuchtenden Körpers, nicht aber von allen fallen können. Er findet daher Statt, so oft der leuchtende Körper einen merklichen Durchmesser hat, und ist um desto größer, je größer der scheinbare Durchmesser des leuchtenden Körpers gegen den des dunkeln Körpers ist.

Die Grenzen des Kernschattens sind da, wo, wenn sich das Auge davor befände, der leuchtende Körper von demselben ganz gesehen zu werden aufhören würde; und die Grenze des Halbschattens ist da, wo ein Theil des leuchtenden Körpers verdeckt zu werden anfängt. Es sey (Fig. 60.) S die Sonne, AB der Durchschnitt einer auf der Horizontalalebene BE senkrecht stehenden Mauer. So lange sich das Auge in ED befindet, kann es die Sonne ganz sehen; so wie es nach D kommt, wird der untere Rand der Sonne die Grenze

Grenze von A zu berühren scheinen, und hier fängt der Halbschatten an, der bis nach C reicht. Innerhalb CD kann zwar Licht von einigen, aber nicht von allen Punkten der Sonnenscheibe fallen, und zwar immer von desto weniger, je näher der Raum gegen C zu liegt. In C ist die Grenze des Kernschattens, und ein Auge in C empfängt den äußersten Strahl von dem obern Rande S der Sonnenscheibe, und zwischen C und B kann es gar nichts mehr davon sehen. Der Halbschatten wird daher auch um desto dunkler, je näher er der Grenze des Kernschattens liegt, und vermischt sich um desto mehr, je näher er der Grenze der vollkommenen Erleuchtung kommt. Wird nun auch noch von andern Punkten zurückstrahlendes Licht auf die im Halbschatten liegende Fläche geworfen, so ist er auch wohl gar nicht mehr gehörig in seiner Grenze zu unterscheiden.

Aus diesem Halbschatten ist es herzuleiten, warum bey Mondfinsternissen vor der wirklichen Verfinsternung der Mond schwächer erleuchtet zu werden anfängt. Es sey (Fig. 61.) S die Sonne, T die Erde, L der Mond, AB ein Theil seiner Bahn um die Erde. Da der Durchmesser der Sonnekugel größer ist, als der der Erdkugel, so ist der conische Kernschatten der letztern begrenzt (§. 665.) und läuft in eine Spitze aus, wie VPP. Er wird begrenzt durch die Strahlen MQV und mqv. Man ziehe nPA und nPB, so bestimmen diese die Grenze der anfangenden Halbschatten AD und BC. Wäre ein Auge in A, so würde es noch die ganze Sonnenscheibe zuletzt sehen, innerhalb AD und BC aber nur einen Theil derselben. So wie also der Mond in den Raum AD tritt, so empfängt er nicht mehr von der ganzen Sonnenscheibe, sondern nur von einem Theile derselben, Licht; er erscheint also minder erleuchtet, wird blässer oder dunkler, und dies um desto mehr, je näher er nach D kommt, wo der wahre Schatten anfängt. Eben so ist es bey seinem Austritte aus dem wahren Schatten bey C, wo er immer heller zu werden anfängt, je näher er nach B kommt.

Die Länge des Kernschattens TV läßt sich bestimmen, wenn die Entfernung der Erde von der Sonne TS = po, und der Halbmesser Tp der Erde und Sm der Sonne bekannt sind. Die äußersten Strahlen MP und mp berühren beide Kugeln und laufen in V zusammen. Wenn daher Sm und Tp auf der Tangente mpV senkrecht sind, und go mit TS parallel ist, so sind die Dreiecke moq und pTV ähnlich, und es ist $mo : op$ (oder ST) = $Tp : TV$. mo aber ist = $Sm - Tp$. Folglich ist $TV = \frac{Tp \times ST}{Sm - Tp}$. Oder auch, weil die Dreiecke SMV und TPV ähnlich sind, so ist $SM : TP = SV : TV$, oder $SM : TP = ST + TV : TV$, folglich $SM - TP : TP = ST : TV$, und daher $TV = \frac{TP \times ST}{SM - TP}$; oder die Länge des Kernschattens der Erde ist gleich dem Producte aus dem Halbmesser der Erde

in die Entfernung des Mittelpuncts der Sonne vom Mittelpuncte der Erde, dividirt durch die Differenz des Halbmessers der Sonne und der Erde.

Zurückstrahlung des Lichts.

§. 667. Die Lichtstrahlen, welche durch einen Körper in ihrem Fortgange aufgehalten, sonst aber davon nicht angezogen werden, werden wieder zurückgeworfen. Diese Veränderung der Richtung des Lichts, wodurch es wieder in das Mittel, aus welchem es kommt, zurückgeschickt wird, heißt die Zurückstrahlung oder Reflexion des Lichts (*Reflexio lucis*); und das allgemeine Gesetz derselben ist: daß der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist.

§. 668. Die physische Ursach der Zurückstrahlung des Lichts von Flächen ist die eigene Expansivkraft des Lichts selbst, bey'm Mangel der Anziehung zwischen der reflectirenden Fläche und der ganzen darauf fallenden Lichtmasse oder eines Theils derselben. Die schief auffallenden Lichtstrahlen werden nicht eigentlich unter einem scharfen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht, deren erhabene Seite gegen die Fläche gekehrt ist.

Man hat diese Zurückstrahlung des Lichts nach den Gesetzen des Stoßes federhafter Körper an harte Flächen (S. 299.) zu erklären gesucht, aber dabey offenbar die Expansivkraft oder eigentliche Elasticität mit der Federhärte (S. 126.) verwechselt. Newton (*Opt. L. II. P. 3. prop. 9.*) leitet weit natürlicher die Zurückwerfung des Lichts von eben derselben Ursach her, von der auch die Brechung abhängt, nur daß sie unter verschiedenen Umständen sich anders äußert. Dasjenige Licht nämlich, das durch den Körper nicht hindurch geht oder von ihm nicht angezogen wird, wird durch die

die reflectirende Fläche so abgetoßen, als ob eine Repulsionskraft in dieser Fläche selbst wäre. Er zeigte auch, daß die schief auffallenden Lichtstrahlen nicht eigentlich unter einem spitzen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht werden, deren erhabene Seite gegen die Fläche zu gekehrt ist. Ist diese Krümmung so stark geworden, daß die Lichttheilchen parallel gegen die Zurückstrahlungsfläche gehen, so kann es sich derselben nicht weiter nähern, sondern weicht nach dem Sage von der Zerlegung der Kräfte in eben der Bahn zurück, als es ankam, bis es, wenn es aus dem Wirkungskreise der Fläche getreten ist, nach der Tangente der Curve geradlinig, und, wie leicht einzusehen ist, unter eben dem Winkel gegen die reflectirende Fläche, als es ankam, zurückstrahlt. Der Strahl dringt desto tiefer in den Wirkungskreis der Repulsion ein, je gerader er auf der zurückstrahlenden Fläche steht.

Alles dieses läßt sich nun eben so erklären, wenn man annimmt, daß eine Expansivkraft die Lichtmaterie selbst afficirt, der, wenn sie nicht durch Bindung oder Einsaugung des Lichts von der Materie des Körpers ganz aufgehoben wird, desto mehr widerstanden wird, je näher das Lichttheilchen der Materie kommt, die nicht damit cohärrt. Bey dem schief einfallenden Strahle läßt sich nach der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte keine beweisende Kraft in eine perpendicularäre und parallele, in Ansehung der Fläche, auf welche er fällt, zerlegen. Es sey LMNQ (Fig. 62.) ein solcher reflectirender Körper, LM seine reflectirende Fläche, Ai ein schief darauf fallender Lichtstrahl. Der Bewegung des Lichttheilchens werde schon in CD von der Fläche LM zu widerstehen angefangen. Die Bewegung desselben in der Richtung Ai kann zerlegt werden in die Kräfte nach den Richtungen AP und Pi. Nur die Perpendicularärkraft Pi kann Widerstand erleiden, nicht die Parallelskraft AP. Je mehr nun das Lichttheilchen unterhalb CD sich der Fläche LM nähert, desto mehr wird seine Expansivkraft thätig, die es von LM zu entfernen strebt. Die Perpendicularärgeschwindigkeit Pi leidet desto mehr Verminderung, je näher das Lichttheilchen gegen LM kommt. Die parallele AP kann keine erleiden. Der Lichtstrahl beschreibt also eine Curve io. Ist das Lichttheilchen in o gekommen und seine vorige Perpendicularärgeschwindigkeit Pi nun ganz aufgehoben, so würde es nach der mit der Fläche LM parallelen laufenden Richtung fortgehen; die gegen LM aber thätig gewordene Expansivkraft treibt es wieder nach der Richtung hE = iP; und da sie immer um desto kleiner wird, je weiter sich das Lichttheilchen von LM entfernt, so beschreibt es von o an die andere Hälfte der Curve oh eben so, als es bey seiner Ankunft io beschrieb, und geht bey h, wo die Thätigkeit der Expansivkraft nicht weiter zunimmt, nach der Tangente hB geradlinig fort. Ai und Bh sind Tangenten der von dem Scheitel o der Curve gleich weit entfernten Punkte, und ai und oh sind gleich; daher sind auch

auch die Winkel, welche die Tangenten Al und Bh mit LM zu machen scheinen, oder AEL und BEM , gleich. Obgleich also das Licht nicht eigentlich unter scharfen Winkeln zurückgeworfen wird, so können wir doch in der Folge die Sache so betrachten, weil die Lichtstrahlen eben so zurückgeworfen werden, daß, wenn sie bis zur Berührung der reflectirenden Fläche verlängert würden, sie daselbst einen scharfen Winkel bilden würden.

Carol. Bononius Dial. de lumine. Rom. 1754. Vienn. 1761. 4.

§. 669. Wenn man daher einen Sonnenstrahl in einem finstern Zimmer mit einem gemeinen Spiegel auffängt, so findet man, daß der Strahl von dem Spiegel in gerader Linie unter eben dem Winkel wieder zurückgeht, welchen der auffallende Strahl mit dem Spiegel machte. Es sey AB (Fig. 63.) der Planspiegel. Der Strahl DC , welcher von dem leuchtenden Körper nach dem Spiegel hingehet, heißt der einfallende Strahl (Radius incidens); die gerade Linie, welche auf den Einfallspunct C senkrecht gegen den Spiegel gezogen werden kann, oder FC , heißt das Einfallslot (Cathetus incidentiae); der Winkel DCF , welchen der einfallende Strahl mit diesem Einfallslothe macht, der Einfallwinkel (Angulus incidentiae); der Strahl CG , der vom Spiegel zurückgeht, der zurückgeworfene Strahl (Radius reflexus); und der Winkel GCF , welchen er mit dem Einfallslothe bildet, der Zurückstrahlungswinkel (Angulus reflexionis).

§. 670. 1) Der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden und dem Einfallslothe in einerley Ebene. 2) Jeder perpendicular auffallende Strahl wird

wird von einer reflectirenden Ebene in sich selbst zurückgeworfen. 3) Jeder Punct einer reflectirenden Ebene reflectirt, das Licht von allen Puncten des leuchtenden oder erleuchteten Objecta.

§. 671. Aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 667.) folgt ferner, daß, wenn der reflectirende Körper eine ebene Fläche ist, die darauf fallenden parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen bei der Reflexion denselben Parallelismus, dieselbe Divergenz oder Convergenz behalten, die sie vor dem Einfallen hatten.

1) Es sey AB (Fig. 64.) eine reflectirende ebene Fläche, auf welche die parallelen Strahlen EC, so auffallen. Da sie parallel sind, so sind auch ihre Einfallswinkel ECD und so gleich; unter eben solchen Winkeln aber werden sie zurückgeworfen. Da also die reflectirten Strahlen CF auch eben die Winkel mit den Einfallsloten DC und so machen, so sind sie auch noch, wie vorher, parallel.

2) Es sey C (Fig. 65.) ein strahlender Punct, von welchem die divergirenden Lichtstrahlen CD und CF nach der ebenen Zurückstrahlungsfläche AB gehen. Da sie unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen, so wird der Strahl CD von D nach E, und der Strahl CF von F nach G zurückgeworfen. Wenn wir nun diese reflectirten Strahlen rückwärts hinter der Ebene AB verlängern, so laufen sie in c zusammen, und der Winkel DcF ist gleich dem Winkel DCF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und nicht später aus einander, als sie es gethan haben würden, wenn sie von c ausgegangen wären, und der Winkel ihrer Divergenz ist derselbige.

3) Es fahren die Strahlen ED und GF (Fig. 66.) so gegen die reflectirende Ebene AB, daß, wenn diese nicht da wäre, sie zusammenlaufen würden. Sie werden davon aber unter dem Winkel reflectirt, unter welchem sie auffielen, und der Strahl ED geht nach f, der Strahl GF auch nach f. Wenn wir die einfallenden Strahlen in o zusammen hinter der Fläche AB verlängern, so laufen sie in C zusammen und bilden den Winkel der Convergenz DCF gleich dem Winkel DfF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und später zusammen, als ohne die Reflexion. Ihre Convergenz bleibt also dieselbige.

§. 672. Wenn aber auch die reflectirende Fläche nicht eben, sondern krumm, z. B. sphärisch ist, so läßt sich aus diesem allgemeinen Gesetze der Reflexion der Weg der reflectirten Strahlen ebenfalls bestimmen, da man die Elemente dieser Fläche als aus unendlich kleinen einen Winkel einschließenden geraden Flächen bestehend ansehen kann, und ein Lichtstrahl nur auf einen Punct fällt.

§. 673. 1) Der Lichtstrahl, welcher auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fällt und durch den Mittelpunct der Kugel geht, wovon die Fläche einen Theil begrenzt, wird in sich selbst zurückgeworfen, da er senkrecht darauf steht. 2) Lichtstrahlen, welche parallel mit einander auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fallen und der Achse der Fläche unendlich nahe sind, nähern sich nach der Reflexion und vereinigen sich in einem Puncte, welchen man den Brennpunct oder Vereinigungspunct paralleler Strahlen, oder auch schlechtweg den Brennpunct (Focus) nennt. Diese Strahlen treffen in der Entfernung des halben Halbmessers der Kugel-Fläche zusammen. Diese Entfernung heißt die Brennweite (Distantia focalis). 3) Wenn aus dem Brennpuncte divergirende Strahlen nach der concaven sphärischen Fläche zu gehen, so werden sie alle parallel zurückgeworfen werden; folglich wird das Licht dadurch auf eine große Weite ungeschwächt fortgepflanzt. 4) Ueberhaupt werden divergirende Strahlen von dieser Fläche als weniger divergirend, oder als parallel, oder als convergirend zurückgeworfen, je nachdem

dem die Entfernung des strahlenden Punctes von der Fläche kleiner oder größer ist. Convergirende Strahlen aber werden als mehr convergirend zurückgeworfen.

5) Wenn endlich die auffallenden Strahlen bei dieser concaven sphärischen Fläche aus dem Mittelpuncte der Kugeloberfläche kommen, so werden sie alle in sich selbst zurückgeworfen, da sie alle auf der Fläche senkrecht stehen. Wenn wir die Distanz des strahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen sphärischen Fläche d , den Radius der Krümmung dieser Fläche r nennen, so ist in allen Fällen die Entfernung des Vereinigungspunctes der darauf fallenden Strahlen nach der Reflexion von der Fläche, oder die Brennweite,

$$x = \frac{dr}{2d - r}.$$

1) Alle diese Sätze lassen sich leicht aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 667.) herleiten, und es läßt sich durch Zeichnung und Rechnung der Weg der Lichtstrahlen bey der Reflexion bestimmen. Es sey z. B. DBd (Fig. 67.) eine concave sphärische reflectirende Fläche, C das Centrum dieser Kugeloberfläche, CB der Radius der Krümmung der Fläche, A der strahlende Punct, und seine Entfernung von der reflectirenden Fläche AB. Der Strahl AB geht durch den Mittelpunct C der Krümmung; er steht folglich senkrecht auf der Fläche DBd, und wird also in sich selbst reflectirt. Es gehe nun ein Strahl AD und Ad nach der Fläche, so werden diese unter dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Man ziehe deshalb die Einfallslothe CD und Cd, und mache den Winkel CDE = CDA, ingleichen Cdf = CdA, so sind DE und dE die reflectirten Strahlen, die sich in F vereinigen, und F ist also der Brennpunct oder Focus dieser Strahlen. Um nun des Brennpunctes F Abstand BF = x von der concaven sphärischen Fläche durch Rechnung zu bestimmen und eine Formel dazu zu finden: so wollen wir setzen, daß der Strahl AD der Achse AB unendlich nahe komme, oder daß der Bogen BD unendlich klein sey; und FB wird für FD und AB für AD genommen werden können. Da die Winkel CDA und CDE gleich sind, so ist AD:DE = AC:CE. Da wir nun AD = AE = d , und DE = BF = x nehmen, und BC = r gesetzt wird; so ist AC = $d - r$, EC = $r - x$. Wenn wir nun dies in der vorigen Formel substitu-

substituiren, so haben wir das Verhältniß: $d:x = d-r$:
 $r-x$, woraus wir $dr - dx = dx - rx$, oder $dr =$
 $adx - rx$, und $\frac{dr}{ad-r} = x$, als die gesuchte Größe,
 erhalten; oder die Entfernung des Brennpunctes $FB =$
 $\frac{AB \times BC}{2AB - BC} = \frac{AB \times BC}{AB + AC}$, was allgemein die Distanz
 des Focus von den hohlen Kugelflächen ausdrückt.

- 2) Wenn AB oder d , d. i., die Entfernung des leuchtenden
 Punctes, so groß ist, daß der Radius BC der reflectirenden
 hohlen Kugelfläche, als unendlich klein, dagegen verschwin-
 det, so wird $AB = AC$ gesetzt werden können; dann vers-
 wandelt sich die vorige Formel: $x = \frac{dr}{ad-r}$, in $\frac{r}{2} =$
 $\frac{1}{2}r$, oder $FB = \frac{AB \times BC}{2AB} = \frac{1}{2}BC$, oder der Brenn-
 punct ist um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche
 von derselben entfernt. Wenn also die Strahlen als pa-
 rallel anzusehen sind, so ist die Entfernung des Strahlens
 den Punctes in Vergleichung mit dem Radius der Kugels-
 fläche für unendlich groß zu halten, und der Vereinigungs-
 punct dieser parallel einfallenden Strahlen nach der Res-
 flexion ist $\frac{1}{2}r$. Es seyen also GK , DE , dg (Fig. 68.)
 parallel auf die hohle Kugelfläche AB einfallende Strahlen,
 so wird der Strahl DE in sich selbst zurückgeworfen, da er
 durch das Centrum C der Kugelfläche geht; der Strahl GK
 wird nach f , und der Strahl dg auch nach f zurückgeworfen,
 und ihr Vereinigungspunct oder Focus ist f , dessen Ab-
 stand von der Kugelfläche $fk = \frac{1}{2}CE = \frac{1}{2}r$ ist, wo r
 den Radius der Krümmung ausdrückt. — Eigentlich kom-
 men nur diejenigen Strahlen in einem Puncte hier zusam-
 men, die der Achse DE unendlich nahe sind; die weiter
 davon entfernten vereinigen sich immer um desto früher mit
 der Achse, weil sie desto schiefer auf der Fläche stehen und
 also unter einem desto kleinern Winkel zurückgeworfen
 werden.

- 3) So lange die Distanz des strahlenden Punctes von der
 reflectirenden hohlen Kugelfläche oder AB (Fig. 67.) größer
 ist, als der Radius der letztern, oder als BC , so lange
 bleibt der Vereinigungspunct F der Strahlen innerhalb
 des Mittelpunctes C und der reflectirenden Fläche enthal-
 ten. Denn wenn $AB > BC$ (oder $d > r$), so ist
 $2AB - BC > AB$ (oder $2d - r > d$), weil $2AB -$
 $AB = AB$ (oder $2d - d = d$); da nun $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$
 (oder $x = \frac{dr}{2d-r}$), und $BC = \frac{AB \times BC}{AB}$ (oder $r = \frac{dr}{d}$),
 so ist auch $FB < BC$ oder $x < r$, oder die Distanz des
 Vereinigungspunctes der reflectirten Strahlen ist kleiner,
 als der Radius.

- 4) Wenn $AB = BC$ oder $d = r$ wird, so wird die Formel:

$$FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}, \text{ in } \frac{BC^2}{2BC - BC} = BC, \text{ oder } x = \frac{dr}{2d - r}$$

in $\frac{r^2}{2r - r} = r$ verwandelt. Dies heißt: Die Strahlen, die aus dem Mittelpunkte der Kugelfläche gegen dieselbe fahren, werden in sich selbst zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunkt ist das Centrum der Kugelfläche selbst.

- 5) Wenn der strahlende Punkt im Brennpunkte paralleler

Strahlen (2), oder wenn $AB = \frac{BC}{2}$, oder $d = \frac{1}{2} r$ ist,

so wird in der vorigen Formel (1) $2AB - BC = 0$ oder $2d - r = 0$, und dann ist der Focus, oder $FB = \frac{AB \times BC}{0}$, oder $x = \frac{dr}{0}$. Es erhält sich aber $0 : BC =$

$AB : \infty$, oder $0 : r = d : \infty$, folglich ist FB oder $x = \infty$. Das heißt: Die Strahlen laufen gar nicht oder in der unendlichen Entfernung nach der Reflexion zusammen, oder sie werden parallel zurückgeworfen. Wenn also (Fig. 68.) BA ein sphärischer Hohlspiegel, und dessen Radius CE ist, und es befindet sich in F in der Entfernung von $\frac{1}{2} EC$ von der Spiegelfläche, als dem Brennpunkte paralleler Strahlen, ein strahlender Punkt, so werden die Strahlen FK und Fg durch Reflexion KG und gd parallel mit der Achse ED.

- 6) Wenn AB oder d (1) kleiner ist als $\frac{1}{2} BC$ oder $\frac{1}{2} r$, oder $2d < r$, d. h., wenn die Entfernung des strahlenden Punktes von der hohlen sphärischen Fläche kleiner ist als der halbe Radius, oder als die Brennweite paralleler Strahlen, so wird FB oder x in der Formel zu einer negativen Größe, und die reflectirten Strahlen werden divergirend, und wieder rückwärts in Gedanken verlängert hinter der reflectirenden Fläche zusammenfahren. So ist es nach Fig. 69. Es sey AP eine sphärische reflectirende concave Fläche; der strahlende Punkt sey in d, und seine Entfernung von der Fläche sey kleiner, als $\frac{1}{2} CB$, oder kleiner als FB . Es gehen von ihm die divergirenden Strahlen dg und dh nach der Fläche hin; man ziehe die Einfallslinien Cg und Ch, und nehme die Winkel Cgk und Chl so groß als dgC und dhC, so sind gk und hl die reflectirten Strahlen, die divergirend sind und so an einander fahren, als ob sie von dem Punkte D hinter der Fläche herkämen. Da der Winkel gDh < gdh, so ist auch die Divergenz der reflectirten Strahlen kleiner, als die der einfallenden.

Divergirende Strahlen werden also bey dieser Reflexion nach der verschiedenen größern oder kleinern Entfernung des strahlenden Punktes von der concaven sphärischen Fläche entweder convergirend (Fig. 67.), oder parallel (Fig. 68.), oder in ihrer Divergenz vermindert (Fig. 69.).

Wenn

Wenn (Fig. 69) die convergirenden Strahlen Kg und Lh auf diese Fläche fallen, so werden sie durch Reflexion in d zusammenlaufen. Ohne Reflexion würden sie, es in D gethan haben. Da nun der Winkel $gah > gDh$, so ist ihre Convergenz vermehrt.

§. 674. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Ellipse hat, und der strahlende Punct steht in dem einen Brennpuncte dieser elliptischen Krümmung, so werden die divergirenden Strahlen durch die Reflexion alle nach dem andern Brennpuncte der Ellipse hingeworfen.

§. 675. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Parabel hat, so werden alle Strahlen, welche mit der Achse parallel auf diese Fläche fallen, durch die Reflexion genau in dem Brennpuncte der Parabel gesammelt; und die aus diesem Brennpuncte auf die Fläche gehenden divergirenden Strahlen werden durch Reflexion zu parallelen.

§. 676. Bei convexen reflectirenden sphärischen Flächen verhält es sich mit den nicht senkrecht auffallenden reflectirten Strahlen umgekehrt wie bei den hohlen Kugelflächen (§. 673.). 1) Parallel auffallende laufen nach der Reflexion aus einander, und werden solcher Gestalt zerstreuet und divergirend. Die reflectirten Strahlen rückwärts, in Gedanken verlängert, treffen in einem eingebildeten Brennpuncte zusammen, der auch um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben liegt. 2) Convergirende Lichtstrahlen, welche verlängert in diesem eingebildeten Brennpuncte zusammentreffen würden, werden natürlicher Weise von der Kugelfläche als paral-

Grenze von A zu berühren scheinen, und hier fängt der Halbschatten an, der bis nach C reicht. Innerhalb CD kann zwar Licht von einigen, aber nicht von allen Punkten der Sonnenscheibe fallen, und zwar immer von desto weniger, je näher der Raum gegen C zu liegt. In C ist die Grenze des Kernschattens, und ein Punkt in C empfängt den äußersten Strahl von dem obern Rande S der Sonnenscheibe, und zwischen C und B kann es gar nichts mehr davon sehen. Der Halbschatten wird daher auch um desto dunkler, je näher er der Grenze des Kernschattens liegt, und vermischt sich um desto mehr, je näher er der Grenze der vollkommenen Erleuchtung kommt. Wird nun auch noch von andern Punkten zurückstrahlendes Licht auf die im Halbschatten liegende Fläche geworfen, so ist er auch wohl gar nicht mehr gebürrig in seiner Grenze zu unterscheiden.

Aus diesem Halbschatten ist es herzuleiten, warum bey Mondfinsternissen vor der wirklichen Verfinsternung der Mond schwächer erleuchtet zu werden anfängt. Es sey (Fig. 61.) S die Sonne, T die Erde, L der Mond, AB ein Theil seiner Bahn um die Erde. Da der Durchmesser der Sonnekugel größer ist, als der der Erdekugel, so ist der conische Kernschatten der letztern bearengt (§. 66.) und läuft in eine Spitze aus, wie VPP. Er wird bearengt durch die Strahlen MQV und mqv. Man ziehe nPA und NpB, so bestimmen diese die Grenze der anfänglichen Halbschatten AD und BC. Wäre ein Auge in A, so würde es noch die ganze Sonnenscheibe zuletzt sehen, innerhalb AD und BC aber nur einen Theil derselben. So wie also der Mond in den Raum AD tritt, so empfängt er nicht mehr von der ganzen Sonnenscheibe, sondern nur von einem Theile derselben, Licht; er erscheint also minder erleuchtet, wird blässer oder dunkler, und dies um desto mehr, je näher er nach D kommt, wo der wahre Schatten anfängt. Eben so ist es bey seinem Austritte aus dem wahren Schatten bey C, wo er immer heller zu werden anfängt, je näher er nach B kommt.

Die Länge des Kernschattens TV läßt sich bestimmen, wenn die Entfernung der Erde von der Sonne TS = po, und der Halbmesser Tp der Erde und Sm der Sonne bekannt sind. Die äußersten Strahlen MP und mp berühren beyde Kugeln und laufen in V zusammen. Wenn daher Sm und Tp auf der Tangente mpv senkrecht sind, und qo mit TS parallel ist, so sind die Dreiecke moq und pTV ähnlich, und es ist $mo : oP$ (oder ST) = $Tp : TV$. mo aber ist = $Sm - Tp$. Folglich ist $TV = \frac{Tp \times ST}{Sm - Tp}$. Oder auch, weil die Dreiecke SMV und TPV ähnlich sind, so ist $SM : TP = SV : TV$, oder $SM : TP = ST + TV : TV$, folglich $SM - TP : TP = ST : TV$, und daher $TV = \frac{TP \times ST}{SM - TP}$; oder die Länge des Kernschattens der Erde ist gleich dem Producte aus dem Halbmesser der Erde

in die Entfernung des Mittelpuncts der Sonne vom Mittelpuncte der Erde, dividirt durch die Differenz des Halbmessers der Sonne und der Erde.

Zurückstrahlung des Lichts.

§. 667. Die Lichtstrahlen, welche durch einen Körper in ihrem Fortgange aufgehalten, sonst aber davon nicht angezogen werden, werden wieder zurückgeworfen. Diese Veränderung der Richtung des Lichts, wodurch es wieder in das Mittel, aus welchem es kommt, zurückgeschickt wird, heißt die Zurückstrahlung oder Reflexion des Lichts (*Reflexio lucis*); und das allgemeine Gesetz derselben ist: daß der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist.

§. 668. Die physische Ursach der Zurückstrahlung des Lichts von Flächen ist die eigene Expansivkraft des Lichts selbst, beym Mangel der Anziehung zwischen der reflectirenden Fläche und der ganzen darauf fallenden Lichtmasse oder eines Theils derselben. Die schief auffallenden Lichtstrahlen werden nicht eigentlich unter einem scharfen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht, deren erhabene Seite gegen die Fläche gekehrt ist.

Man hat diese Zurückstrahlung des Lichts nach den Gesetzen des Stoßes federhafter Körper an harte Flächen (§. 299.) zu erklären gesucht, aber dabey offenbar die Expansivkraft oder eigentliche Elasticität mit der Federhärte (§. 126.) verwechselt. Newton (*Opt. L. II. P. 3. prop. 9.*) leitet weit natürlicher die Zurückwerfung des Lichts von eben derselben Ursach her, von der auch die Brechung abhängt, nur daß sie unter verschiedenen Umständen sich anders äußert. Dasjenige Licht nämlich, das durch den Körper nicht hindurch geht oder von ihm nicht angezogen wird, wird durch die

die reflectirende Fläche so abgetrieben, als ob eine Repulsionskraft in dieser Fläche selbst wäre. Er zeigte auch, daß die schief auffallenden Lichtstrahlen nicht eigentlich unter einem spitzen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht werden, deren erhabene Seite gegen die Fläche zu gekehrt ist. Ist diese Krümmung so stark geworden, daß die Lichttheilchen parallel gegen die Zurückstrahlungsfläche gehen, so kann es sich derselben nicht weiter nähern, sondern weicht nach dem Orte von der Zerlegung der Kräfte in eben der Bahn zurück, als es ankam, bis es, wenn es aus dem Wirkungskreise der Fläche getreten ist, nach der Tangente der Curve geradlinig, und, wie leicht einzusehen ist, unter eben dem Winkel gegen die reflectirende Fläche, als es ankam, zurückstrahlt. Der Strahl dringt desto tiefer in den Wirkungskreis der Repulsion ein, je gerader er auf der zurückstrahlenden Fläche steht.

Alles dieses läßt sich nun eben so erklären, wenn man annimmt, daß eine Expansionskraft die Lichtmaterie selbst afficirt, der, wenn sie nicht durch Bindung oder Einsaugung des Lichts von der Materie des Körpers ganz aufgehoben wird, desto mehr widerstanden wird, je näher das Lichttheilchen der Materie kommt, die nicht damit cohärrt. Von dem schief einfallenden Strahle läßt sich nach der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte seine bewegendende Kraft in eine perpendicularäre und parallele, in Ansehung der Fläche, auf welche er fällt, zerlegen. Es sey LMNO (Fig. 62.) ein solcher reflectirender Körper, LM seine reflectirende Fläche, Ai ein schief darauf fallender Lichtstrahl. Der Bewegung des Lichttheilchens werde schon in CD von der Fläche LM zu widerstehen angefangen. Die Bewegung desselben in der Richtung Ai kann zerlegt werden in die Kräfte nach den Richtungen AP und Pi. Nur die Perpendicularärkraft Pi kann Widerstand erleiden, nicht die Parallellkraft AP. Je mehr nun das Lichttheilchen unterhalb CD sich der Fläche LM nähert, desto mehr wird seine Expansionskraft thätig, die es von LM zu entfernen strebt. Die Perpendicularärgeschwindigkeit Pi leidet desto mehr Verminderung, je näher das Lichttheilchen gegen LM kommt. Die parallele AP kann keine erleiden. Der Lichtstrahl beschreibt also eine Curve io. Ist das Lichttheilchen in o gekommen und seine vorige Perpendicularärgeschwindigkeit Pi nun ganz aufgehoben, so würde es nach der mit der Fläche LM parallelen laufenden Richtung fortgehen; die gegen LM aber thätig gewordene Expansionskraft treibt es wieder nach der Richtung hE = iP; und da sie immer um desto kleiner wird, je weiter sich das Lichttheilchen von LM entfernt, so beschreibt es von o an die andere Hälfte der Curve oh eben so, als es bey seiner Ankunft io beschrieb, und geht bey h, wo die Thätigkeit der Expansionskraft nicht weiter zunimmt, nach der Tangente hB geradlinig fort. Ai und Bh sind Tangenten der von dem Scheitel o der Curve gleich weit entfernten Punkte, und ai und ah sind gleich; daher sind auch

auch die Winkel, welche die Tangenten Ai und Bh mit LM zu machen scheinen, oder AEL und BEM , gleich. Obgleich also das Licht nicht eigentlich unter scharfen Winkeln zurückgeworfen wird, so können wir doch in der Folge die Sache so betrachten, weil die Lichtstrahlen eben so zurückgeworfen werden, daß, wenn sie bis zur Berührung der reflectirenden Fläche verlängert würden, sie daselbst einen scharfen Winkel bilden würden.

Carol. Benvenuti. Dial. de lumine. Rom. 1754. Vienn. 1761. 4.

§. 669. Wenn man daher einen Sonnenstrahl in einem finstern Zimmer mit einem gemeinen Spiegel auffängt, so findet man, daß der Strahl von dem Spiegel in gerader Linie unter eben dem Winkel wieder zurückgeht, welchen der auffallende Strahl mit dem Spiegel machte. Es sey AB (Fig. 63.) der Planspiegel. Der Strahl DC , welcher von dem leuchtenden Körper nach dem Spiegel hingehet, heißt der einfallende Strahl (Radius incidens); die gerade Linie, welche auf den Einfallspunct C senkrecht gegen den Spiegel gezogen werden kann, oder FC , heißt das Einfallslot (Cathetus incidentiae); der Winkel DCF , welchen der einfallende Strahl mit diesem Einfallslothe macht, der Einfallwinkel (Angulus incidentiae); der Strahl CG , der vom Spiegel zurückgeht, der zurückgeworfene Strahl (Radius reflexus); und der Winkel GCF , welchen er mit dem Einfallslothe bildet, der Zurückstrahlungswinkel (Angulus reflexionis).

§. 670. 1) Der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden und dem Einfallslothe in einerley Ebene. 2) Jeder perpendicular auffallende Strahl wird

wird von einer reflectirenden Ebene in sich selbst zurückgeworfen. 3) Jeder Punct einer reflectirenden Ebene reflectirt, das Licht von allen Puncten des leuchtenden oder erleuchteten Objectes.

§. 671. Aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 667.) folgt ferner, daß, wenn der reflectirende Körper eine ebene Fläche ist, die darauf fallenden parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen bei der Reflexion denselben Parallelismus, dieselbe Divergenz oder Convergenz behalten, die sie vor dem Einfallen hatten.

1) Es sey AB (Fig. 64.) eine reflectirende ebene Fläche, auf welche die parallelen Strahlen EC, &c. auffallen. Da sie parallel sind, so sind auch ihre Einfallswinkel ECD und &c. gleich; unter eben solchen Winkeln aber werden sie zurückgeworfen. Da also die reflectirten Strahlen CF auch eben die Winkel mit den Einfallslotthen DC und &c. machen, so sind sie auch noch, wie vorher, parallel.

2) Es sey C (Fig. 65.) ein strahlender Punct, von welchem die divergirenden Lichtstrahlen CD und CF nach der ebenen Zurückstrahlungsfläche AB gehen. Da sie unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen, so wird der Strahl CD von D nach E, und der Strahl CF von F nach G zurückgeworfen. Wenn wir nun diese reflectirten Strahlen rückwärts hinter der Ebene AB verlängern, so laufen sie in c zusammen; und der Winkel DcE ist gleich dem Winkel DCF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und nicht später aus einander, als sie es gethan haben würden, wenn sie von c ausgegangen wären, und der Winkel ihrer Divergenz ist derselbige.

3) Es fahren die Strahlen ED und GF (Fig. 66.) so gegen die reflectirende Ebene AB, daß, wenn diese nicht da wäre, sie zusammenlaufen würden. Sie werden davon aber unter dem Winkel reflectirt, unter welchem sie auf fielen, und der Strahl ED geht nach f, der Strahl GF auch nach f. Wenn wir die einfallenden Strahlen in C zusammen hinter der Fläche AB verlängern, so laufen sie in C zusammen und bilden den Winkel der Convergenz DCF gleich dem Winkel DFF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und später zusammen, als ohne die Reflexion. Ihre Convergenz bleibt also dieselbige.

§. 672. Wenn aber auch die reflectirende Fläche nicht eben, sondern krumm, z. B. sphärisch ist, so läßt sich aus diesem allgemeinen Gesetze der Reflexion der Weg der reflectirten Strahlen ebenfalls bestimmen, da man die Elemente dieser Fläche als aus unendlich kleinen einen Winkel einschließenden geraden Flächen bestehend ansehen kann, und ein Lichtstrahl nur auf einen Punct fällt.

§. 673. 1) Der Lichtstrahl, welcher auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fällt und durch den Mittelpunct der Kugel geht, wovon die Fläche einen Theil begrenzt, wird in sich selbst zurückgeworfen, da er senkrecht darauf steht. 2) Lichtstrahlen, welche parallel mit einander auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fallen und der Achse der Fläche unendlich nahe sind, nähern sich nach der Reflexion und vereinigen sich in einem Puncte, welchen man den Brennpunct oder Vereinigungspunct paralleler Strahlen, oder auch schlechtweg den Brennpunct (Focus) nennt. Diese Strahlen treffen in der Entfernung des halben Halbmessers der Kugel-Fläche zusammen. Diese Entfernung heißt die Brennweite (Distantia focalis). 3) Wenn aus dem Brennpuncte divergirende Strahlen nach der concaven sphärischen Fläche zu gehen, so werden sie alle parallel zurückgeworfen werden; folglich wird das Licht dadurch auf eine große Weite ungeschwächt fortgepflanzt. 4) Ueberhaupt werden divergirende Strahlen von dieser Fläche als weniger divergirend, oder als parallel, oder als convergirend zurückgeworfen, je nach-

dem

- 4) Wenn $AB = BC$ oder $d = r$ wird, so wird die Formel:

$$FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}, \text{ in } \frac{BC^2}{2BC - BC} = BC, \text{ oder } x = \frac{dr}{2d - r}$$

in $\frac{r^2}{2r - r} = r$ verwandelt. Dies heißt: Die Strahlen,

die aus dem Mittelpunkte der Kugelfläche gegen dieselbe fahren, werden in sich selbst zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunct ist das Centrum der Kugelfläche selbst.

- 5) Wenn der strahlende Punct im Brennpuncte paralleler

Strahlen (∞), oder wenn $AB = \frac{BC}{2}$, oder $d = \frac{1}{2} r$ ist,

so wird in der vorigen Formel (1) $2AB - BC = 0$ oder

$2d - r = 0$, und dann ist der Focus, oder $FB =$

$\frac{AB \times BC}{0}$, oder $x = \frac{dr}{0}$. Es verhält sich aber $0 : BC =$

$AB : \infty$, oder $0 : r = d : \infty$, folglich ist FB oder $x = \infty$.

Das heißt: Die Strahlen laufen gar nicht oder in der unendlichen Entfernung nach der Reflexion zusammen, oder sie werden parallel zurückgeworfen. Wenn also (Fig. 68.) BA ein sphärischer Hohlspiegel, und dessen Radius CE ist, und es befindet sich in F in der Entfernung von $\frac{1}{2} EC$ von der Spiegelfläche, als dem Brennpuncte paralleler Strahlen, ein strahlender Punct, so werden die Strahlen FK und Fg durch Reflexion KG und gd parallel mit der Achse ED.

- 6) Wenn AB oder d (1) kleiner ist als $\frac{1}{2} BC$ oder $\frac{1}{2} r$, oder

$2d < r$, d. h., wenn die Entfernung des strahlenden

Punctes von der hohlen sphärischen Fläche kleiner ist als

der halbe Radius, oder als die Brennweite paralleler

Strahlen, so wird FB oder x in der Formel zu einer negativen

Größe, und die reflectirten Strahlen werden divergiren,

und wieder rückwärts in Gedanken verlängert

hinter der reflectirenden Fläche zusammenfahren. So ist

es nach Fig. 69. Es sey AP eine sphärische reflectirende

concave Fläche; der strahlende Punct sey in d, und seine

Entfernung von der Fläche sey kleiner, als $\frac{1}{2} CB$, oder

kleiner als FB. Es gehen von ihm die divergirenden Strah-

len dg und dh nach der Fläche hin; man ziehe die Ein-

fallstrahlen Cg und Ch, und nehme die Winkel CgK und

ChL so groß als dgC und dhC, so sind gK und hL die

reflectirten Strahlen, die divergirend sind und so aus

einander fahren, als ob sie von dem Puncte D hinter der

Fläche herkämen. Da der Winkel gDh $<$ gdh, so ist auch die

Divergenz der reflectirten Strahlen kleiner, als die der

einfallenden.

Divergirende Strahlen werden also bey dieser Reflexion

nach der verschiedenen größern oder kleinern Entfernung

des strahlenden Punctes von der concaven sphärischen

Fläche entweder convergirend (Fig. 67.), oder parallel

(Fig. 68.), oder in ihrer Divergenz vermindert (Fig. 69.).

Wenn

Wenn (Fig. 69) die convergirenden Strahlen Kg und lh auf diese Fläche fallen, so werden sie durch Reflexion in d zusammenlaufen. Ohne Reflexion würden sie es in D gethan haben. Da nun der Winkel $gdh > gDh$, so ist ihre Convergenz vermehrt.

§. 674. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Ellipse hat, und der strahlende Punkt steht in dem einen Brennpuncte dieser elliptischen Krümmung, so werden die divergirenden Strahlen durch die Reflexion alle nach dem andern Brennpuncte der Ellipse hingeworfen.

§. 675. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Parabel hat, so werden alle Strahlen, welche mit der Achse parallel auf diese Fläche fallen, durch die Reflexion genau in dem Brennpuncte der Parabel gesammelt; und die aus diesem Brennpuncte auf die Fläche gehenden divergirenden Strahlen werden durch Reflexion zu parallelen.

§. 676. Bei convexen reflectirenden sphärischen Flächen verhält es sich mit den nicht senkrecht auffallenden reflectirten Strahlen umgekehrt wie bei den hohlen Kugelflächen (§. 673.). 1) Parallel auffallende laufen nach der Reflexion aus einander, und werden solcher Gestalt zerstreuet und divergirend. Die reflectirten Strahlen rückwärts, in Gedanken verlängert, treffen in einem eingebildeten Brennpuncte zusammen, der auch um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben liegt. 2) Convergirende Lichtstrahlen, welche verlängert in diesem eingebildeten Brennpuncte zusammentreffen würden, werden natürlicher Weise von der Kugelfläche als paral-

sel reflectirt. 3) Ueberhaupt wird die Convergenz der darauf fallenden convergirenden Strahlen nach der Reflexion vermindert; und 4) die Divergenz der divergirend darauf fallenden nach der Reflexion vermehrt. Wenn wir den Abstand des strahlenden Punctes von der reflectirenden concaven sphärischen Fläche d , den Radius ihrer Krümmung r nennen, so ist die Distanz des eingebildeten Brennpunctes hinter der Kugelfläche $x = \frac{dr}{2d + r}$.

Es sey nämlich (Fig. 70.) ba eine concave sphärische Fläche, ihr Centrum C , der Radius ihrer Krümmung $AC = r$. Der strahlende Punct befinde sich in O . Der Strahl OA steht senkrecht auf der Fläche ab; denn verlängert würde er C oder den Mittelpunct der Kugelfläche treffen: er wird also in sich selbst zurückgeworfen. Dieser Achse OA der Kugelfläche unendlich nahe falle der Strahl OI auf die Fläche. Man ziehe das Einfallslot CIQ , so bestimmt dies den Winkel OIQ ; man mache damit den Winkel QIR gleich, so ist der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel, und IR ist der Weg des reflectirten Strahls. Vers längert man diesen rückwärts von I nach F , so wird er mit dem ebenfalls verlängerten OA in F zusammentreffen, und F ist also der eingebildete Brennpunct hinter der reflectirenden Fläche.

Um nun eine allgemeine Formel für die Entfernung dieses imaginären Brennpunctes zu finden, verfährt man, wie bey den concaven sphärischen Flächen (§. 673. Anm.) geschehen ist. Die gegen über stehenden Winkel RIQ und CIF sind gleich, und da $RIQ = OIQ$ ist, so ist auch $OIQ = CIF$; und die Winkel OIQ und CIO haben einerley Sinus. Da wir den Strahl IO der Achse AO unendlich nahe nehmen, so können wir auch $IO = AO$ und $FI = FA$ setzen; AO aber ist der Abstand des leuchtenden Punctes von der Fläche ab und $= d$. Es sey ferner $AC = r$, und die Entfernung des Brennpunctes $FA = x$; so ist $OC = d + r$, $IF = AF = x$, $CF = r - x$. In dem Dreiecke ICO ist $IO : CO = \sin. ICO : \sin. CIO$ (oder $\sin. QIO = \sin. CIF$). Ferner ist in dem Dreiecke CIF , $IF : CF = \sin. ICF : \sin. CIF$. Es ist demnach $IO : CO = IF : CF$. Substituiren wir dafür den angenommenen Werth dieser Ausdrücke, so haben wir $d : d + r = x : r - x$. Hieraus erhalten wir $dr = dx = 2x + rx$, und $x = \frac{dr}{2d + r}$, oder

$$\text{oder } FA = \frac{AO \times CA}{2AO + CA}$$

Man sieht leicht, daß der Brennpunct immer innerhalb des Centrums C und der Fläche ab fallen müsse, der Werth von d oder AO mag werden, wie er will. Die convergen sphärischen Spiegel haben also nur einen eingebildeten Brennpunct für divergirende und parallele Strahlen, die Strahlen mögen kommen, wie sie wollen. Wird AO oder d unendlich groß in Vergleichung mit r, oder werden die einfallenden Strahlen mit der Achse parallel, so ist $x = \frac{\infty \cdot r}{\infty} = \frac{r}{2} = \frac{1}{2} r$, und die reflectirten Strahlen rücks wärts in Gedanken verlängert, treffen in der Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben zusammen (Fig. 71.). Gehen die Strahlen umgekehrt, als convergirende so, daß sie nach diesem Brennpuncte zu gerichtet sind, wie ti und RI (Fig. 71.), so werden sie durch Reflexion zu parallelen.

Ist die Convergenz der Strahlen noch größer, so daß sie noch vor dem Brennpuncte der parallelen Strahlen zusammentreffen würden, wie (Fig. 70.) RI und OA, so werden sie wenigstens in der Convergenz vermindert; denn $IOA < RFO$.

§. 677. Eine jede Fläche, welche recht glatt oder polirt ist und das Licht ordentlich reflectirt, heißt ein Spiegel (Speculum). Jeder sichtbare Körper reflectirt zwar das Licht, weil er sonst nicht sichtbar wäre; aber weil die Theilchen gegen einander eine sehr mannigfaltige Lage haben, so reflectiren sie das Licht nicht ohne Verwirrung, und es thut es nicht ein Punct, wie der andere, wie ein eigentlicher Spiegel thun muß.

§. 678. Indessen giebt es keinen vollkommenen oder mathematischen Spiegel, dessen Oberfläche gar keine Unebenheiten oder Vertiefungen hätte. Ein solcher Spiegel würde nicht sichtbar seyn, sondern an seiner Stelle die Bilder der Körper, von welchen er Erleuchtung erhält.

§. 679.

§. 679. Die Materien, woraus die Spiegel zum optischen Gebrauch verfertigt werden, können mancherley seyn. Man wählt aber gewöhnlich dazu solche Stoffe, denen man nicht allein eine bequeme Gestalt leicht geben, sondern deren Oberfläche durch Schleifen und Poliren glatt genug gemacht werden kann. Das Glas läßt sich zwar fein und glatt poliren und durch Belegung auf der andern Seite völlig undurchsichtig machen, aber es wird auch wegen der dadurch entstehenden doppelten Abbildung der Sachen wieder untauglich. Eigentlich sind alle gläserne Spiegel Metallspiegel, denn die Metallfläche der Belegung spiegelt eigentlich. Die metallenen Spiegel würden daher Vorzüge haben, wenn man sie nicht aus unedeln Metallen zu machen durch die Umstände genöthigt wäre, wo sie aber dem Anlaufen an der Luft und durch Dünste ausgesetzt sind. Die reine Platina würde in dieser Rücksicht alle Vorzüge in sich vereinigen, da sie hart genug ist, um eine feine Politur anzunehmen, ohne dem Anlaufen an der Luft unterworfen zu seyn. Silber und Gold nehmen wegen ihrer Weiche nicht Politur genug an. Indessen überzieht man doch auch andere harte und polirte Körper mit Blattgold oder Blattsilber und giebt ihm durch Poliren die Spiegelfläche.

Anweisung, die beste Composition zu den metallenen Spiegeln der Teleskope zu machen, von J. Nüppe, a. d. *philos. transact.* Vol. LXVII. P. I. S. 296, aberl. in den *Samml. zur Phys. und Naturgesch.* B. I. S. 584.

Das Glas, das zu Spiegeln genommen wird, muß auf der hintern Fläche eben so gut, als auf der vordern, und zwar noch genauer geschliffen und polirt seyn, weil die hintere Fläche eben wegen der Zurückstrahlung von dem Metalle

Metalle der Belegung das Bild hervorbringen hilft. In diese hintere Fläche rauh und uneben, so ist es auch das darauf liegende Metall, und dann wird die Regelmäßigkeit der Zurückstrahlung gestört. Wenn gleich das Glas sehr durchsichtig ist, so ist es doch nicht in allen Punkten durchsichtig; es wirkt allerdings einen Theil des darauf fallenden Lichts von seiner vordern Fläche und von seiner innern Masse zurück. Daher spiegelt auch die vordere Fläche der gläsernen Spiegel und macht Bilder, obgleich weit schwächere, als die hintere belegte Fläche. Diese Bilder decken sich zwar einander, doch nicht vollkommen; und der weit stärkere gleichzeitige Eindruck des weit lebhafteren Bildes von der hintern Fläche verwischt den des weit schwächeren von der vordern Fläche; immer aber entsteht doch dadurch einige Unbestimmtheit, die besonders an den Rändern und Säumen der Bilder wahrzunehmen ist. Diese gläsernen Spiegel sind aus der angeführten Ursache, bey sonstigen gleichen Umständen, nicht so gut, als dünnere. Dieses doppelte Bild von gläsernen Spiegeln läßt sich am besten an einer Lichtflamme wahrnehmen, die da vor ist, wenn man von der Seite gegen den Spiegel sieht.

§. 680. Eben weil kein Spiegel ein vollkommener Spiegel ist, so wird auch bey der Reflexion von demselben immer ein Theil des Lichts zerstreuet und geht solcher Gestalt für die regelmäßige Zurückstrahlung verloren. Dieser Theil ist desto größer, je unvollkommener der Spiegel ist.

Hr. Graf von Rumford fand durch seine photometrischen Versuche den Lichtverlust bey der Reflexion vom besten Ramsdenschen gläsernen Planspiegel 0,3494 der ganzen darauf fallenden Lichtmasse; bey einem ganz gemeinen Glaspiegel gar 0,4316. (a. a. O. S. 47.).

§. 681. Sonst sind die Spiegel in Rücksicht ihrer Figur entweder ebene Spiegel (*Specula plana*) oder krumme Spiegel (*Specula curva*); die letztern entweder convex (*Specula convexa*) oder concave (*Specula concava*), und zwar nach der Verschiedenheit ihrer Krümmung entweder sphärische oder elliptische, parabolische, hyperbolische, cylindrische, conische. Von der Zurückstrahlung der Lichtstrahlen

Strahlen von diesen Spiegeln gilt alles das, was wir oben von den reflectirenden Flächen gesagt haben.

§. 682. Wenn vor einen vertical stehenden Planspiegel (§. 681.) ein erleuchtetes oder leuchtendes Object gestellt wird, so sieht das Auge das Bild dieses Gegenstandes (Imago obiecti) hinter dem Spiegel; und zwar sehen wir das Bild eines Punctes in diesen Planspiegeln da, wo der rückwärts verlängerte reflectirte Strahl die Perpendikellinie vom Puncte auf und durch den Spiegel gezogen durchschneidet; oder eigentlicher: wir sehen jeden Punct des Objectes hinter dem Spiegel da, wo die reflectirten Strahlen von zwey einfallenden divergirenden des Punctes rückwärts verlängert sich durchschneiden. Denn hier kommt die Spitze des verlängerten Lichtkegels zu stehen, welcher seine Grundfläche auf der Pupille unsers Auges hat.

Es sey (Fig. 72.) C ein strahlender Punct vor dem Planspiegel AB. Er sendet Lichtstrahlen nach allen Richtungen um sich her; es fällt also auch unter andern ein Strahl Cb auf den Planspiegel in b, und ein Strahl Cf in f auf, die wir als die äußern des Strahlenkegels bCf ansehen wollen. Beide Strahlen werden unter eben den Winkeln reflectirt, unter denen sie ankamen, und der Strahl Cb wird nach g, der Strahl Cf nach h geworfen. — gh sey die Pupille des Auges, die die Grundfläche des abgekürzten Strahlenkegels bgh empfängt. Verlängern wir die reflectirten Strahlen bg und fh rückwärts hinter dem Spiegel, so schneiden sie sich in F; und hier ist der Ort des Bildes. Es empfängt nämlich das Auge den Strahlenkegel, der von dem Spiegel zurückgeworfen wird, eben so, als ob seine Spitze in F wäre, und er afficirt das Organ eben so, und nicht anders; folglich erzeugt sich in uns das Urtheil, als ob der strahlende Punct in F wäre, oder wir sehen den strahlenden Punct nach F hin. Da die Divergenz der Strahlen von ebenen reflectirenden Flächen nicht geändert wird (§. 671.), so werden auch die hinter dem Spiegel verlängerten reflectirten Strahlen nicht früher oder später sich schneiden, als bC und fC rückwärts ges
nom

nommen; oder die Convergenz derselben in F wird dieselbe seyn, als die Divergenz der einfallenden in C war: folglich liegt F so weit hinter dem Spiegel, als C davor ist, und der Ort des Bildes ist da, wo die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen von zwey divergirend einfallenden eines strahlenden Punctes sich durchschneiden würden.

Oder man ziehe vom strahlenden Puncte C die Perpendicularität Ca auf den Planspiegel AB, und verlängere sie hinter dem Spiegel. Die reflectirten Strahlen gb und hf, ebenfalls hinter dem Spiegel verlängert, durchschneiden jene Perpendikellinie in F. Da die bey a rechts winkligen Dreiecke Cab, Fab die Seite ab mit einander gemein haben, und der Winkel $abF = Bhg = Cba$, so ist auch $aF = aC$, oder der reflectirte Strahl bg schneidet bey seiner Verlängerung das Perpendikel CaF in einem Puncte F, der so weit hinter dem Spiegel ist, als der strahlende Punct C davor liegt. Eben dies gilt von jedem andern von C kommenden reflectirten Strahle, wie fh. Hier in F ist also der Ort des Bildes vom Puncte C; folglich kann man auch sagen: Der Ort des Bildes hinter dem Planspiegel ist da, wo die Perpendikellinie vom strahlenden Puncte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert, vom rückwärts verlängerten reflectirten Strahle durchschritten wird.

Diese letztere Regel kannten die ältern Optiker schon. Sie zeigt uns indessen keinen physischen Grund an, warum das Auge das Bild des Punctes C in F sieht; und ist also im Grunde nur eine Formel, den Ort des Bildes im Planspiegel durch Zeichnung zu bestimmen. Die erstere Regel hingegen enthält zugleich einen physischen Grund. Barrow (*Lectiones opticae*. Lond. 1674. 4.) hat sie zuerst deutlich entwickelt. Sie läßt sich auch auf krumme Spiegel anwenden, da die Regel der Alten nur für Planspiegel allein gilt.

Da wir Planspiegel auch für solche sphärische Hohlspiegel ansehen können, deren Radius unendlich groß ist, so läßt sich auch die oben (§. 673. Anm.) angeführte allgemeine Formel für den Vereinigungspunct der reflectirten Strahlen anwenden. Da nämlich $r = \infty$ gesetzt werden muß, so verwandelt sich die Formel $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{d \infty}{\infty} = -d$. aF (Fig. 79.), ist also gleich aC und steht wegen des negativen Zeichens hinter dem Spiegel; oder die reflectirten Strahlen werden, rückwärts verlängert, in eben jener Distanz hinter dem Spiegel zusammenlaufen, als der Punct der Divergenz vor dem Spiegel steht.

§. 683. Es läßt sich hieraus leicht barthun:

- 1) Warum das Bild im Planspiegel eben so weit dahinter

hinter ist, als das Object davor steht, und warum
 fenes sich diesem nähert, so wie dieses dem Spiegel
 näher rückt; 2) daß das Bild dem Objecte gleich und
 ähnlich seyn müsse; 3) daß die rechte Seite der Ob-
 jecte im Bilde links, die linke rechts erscheinen müsse;
 4) warum alle Personen das Bild des Objects hinter
 dem Spiegel an einem und eben demselben Orte sehen;
 5) warum die Bilder nicht die Deutlichkeit oder
 Stärke des Lichts haben, als die Objecte selbst; und
 6) warum ein Spiegel, worin ein Mensch sich ganz
 sehen soll, nur halb so groß und breit zu seyn brauche,
 als der Mensch.

- 1) Der erste Satz erhellet aus der Ann. zum vorigen §.
- 2) Der zweyte Satz wird aus §. 671. klar: denn weil der
 Planspiegel die Divergenz der darauf fallenden Strahlen
 nicht ändert, so sendet er die von den verschiedenen strah-
 lenden Punkten, deren Stellung gegen einander die Figur
 des Objects bestimmt, auf ihn fallenden Lichtkegel eben
 so bey der Reflexion zum Auge, als wie sie dies von dem Ob-
 jecte selbst empfangen würde, wenn das Object ohne dem
 Spiegel eben so weit vom Auge entfernt wäre, als die Spitze
 des verlängerten Lichtkegels jedes Punktes vom Auge ist.
- 3) Der dritte Satz folgt natürlich daraus, daß 1. B. das
 Bild unserer Person, wenn wir uns darin betrachten,
 uns direct entgegen steht, daher unsere rechte Hand im
 Bilde zur linken werden muß, nämlich nur in so fern,
 als wir das Bild auf unser Object beziehen. 4) Der vierte
 Satz ist eine Folge der Regeln des §. 682., und wenn das
 Object an seinem Orte bleibt, so bleibt für alle die ein-
 zelnen Lichtstrahlen, die vom Objecte auf den Spiegel, und
 von da zu den einzelnen Augen kommen, bey der Verlänge-
 rung der reflectirten Strahlen hinter dem Spiegel derselbe
 Durchschnittpunct der Perpendikellinie, die vom
 Objecte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert
 werden kann; oder der Ort des Bildes bleibt unverändert.
- 5) Der fünfte Satz folgt aus der Unvollkommenheit aller
 unserer Spiegel (§. 680.), wodurch verursacht wird, daß
 wegen der vielfachen, obgleich unmerklichen, Vertiefungen
 und Erhöhungen nicht alles auf den Spiegel vom Objecte
 fallende Licht genau eben so wieder ins Auge reflectirt
 werden kann, als es das Auge vom Objecte selbst erhalten
 würde, sondern ein Theil ändert, wohin zerstreut wird.
 Auch wird wohl nach der verschiedenen Natur der Spiegel
 materie mehr oder weniger Licht verschluckt, aber verliert
 seine

keine Expansivkraft und Strahlungs. 6) Der sechste Satz läßt sich durch Zeichnung leicht beweisen. Es sey (Fig. 73.) AB ein vertical stehender Planspiegel, vor welchem ein Object vertical steht. Die Linie CD stellt die senkrechte Höhe einer Person vor, deren Auge in O sey. Wir brauchen hier nur die Lage der Bilder des obersten und untersten Punktes von CD zu bestimmen. Es geht von C ein Strahl Cg nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel zurückgeworfen wird und nach O ins Auge gelangt. Dieser Strahl Og rückwärts verlängert, durchschneidet das Einfallslot Cc in o; und hier ist also der Ort des Bildes des von C. Vom untersten Punkte D geht ein Strahl von D nach i auf den Spiegel, und gelangt durch Reflexion von i nach O ins Auge; und dieser verlängerte reflectirte Strahl durchschneidet das Einfallslot Dd in d, wo also das Auge das Bild von D sieht. Was von diesen beyden äußersten Punkten des Objects gilt, gilt auch von allen dazwischen liegenden, und das Auge sieht das ganze Object im Bilde ca. Der Augenschein lehrt, daß nur der Theil des Spiegels AB, der zwischen g und i liegt, zur Reflexion der Strahlen, die von CD nach dem Spiegel kommen, und ins Auge O gelangen sollen, diene, i. g. ist aber nur $\frac{1}{2}$ CD, weil $cd = CD$, und $Ca = oa$, folglich $Ca = \frac{1}{2} Co$ und $gi = \frac{1}{2} cd = \frac{1}{2} CD$. Was von der Höhe des Objects gilt, gilt auch von der Breite; und überhaupt bey jeder Entfernung.

§. 684. Ferner läßt sich daraus beweisen, warum in einem Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen den Horizont geneigt ist, die Bilder von horizontal darunter liegenden Objecten aufrechts und perpendicular, die von perpendicularen aber horizontal erscheinen.

Der Perspectivkasten.

Es sey CD (Fig. 74.) ein Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel CDA gegen den Horizont AB gestellt ist; DE sey ein horizontal liegendes Object, vor den Spiegel gestellt. Von dem Punkte E geht ein Lichtstrahl nach dem Spiegel in f, und wird reflectirt nach g. Man ziehe von E die Perpendicellinie auf dem Spiegel und verlängere sie hinter dem Spiegel, Ea; man verlängere auch den reflectirten Strahl fg rückwärts hinter dem Spiegel, so schneidet er die Perpendicellinie Ea in o, und hier ist der Ort des Bildes vom Punkte E. Eben so fällt von D des Objects ein Strahl Dh nach dem Spiegel und wird von h nach i reflectirt. Man ziehe auch von D die Perpendicellinie Da hinter den Spiegel, und verlängere den reflectirten Strahl hi rückwärts, so schneidet er die

die Linie Od in d ; und hier ist der Ort des Bildes vom Punkte D . Was von den beiden äußersten Punkten D und E gilt, gilt von allen dazwischen liegenden; es entsteht also ein vertical stehendes Bild de vom horizontal liegenden Objecte DE .

Umgekehrt, wenn de das Object ist, so ist DE das Bild davon; und vertical stehende Objecte bilden sich also horizontal liegend ab.

Wie in einem solchen Spiegel eine Kugel auf einer geneigten Ebene darunter senkrecht in die Höhe zu steigen scheint?

Muschenbroek introd. T. II. §. 1989.

§. 685. Ingleichen, warum in einem horizontal liegenden Planspiegel die Objecte darüber oder darunter verkehrt, das Obere unten und das Untere derselben oben sich abbildet.

Beispiele hierzu: Es sey AB (Fig. 75.) ein horizontal liegender Planspiegel, auf welchem das Object DE vertical steht. Das Auge befinde sich in i , so wird der Strahl, der von D nach h auf den Spiegel fällt und von da unter eben dem Winkel reflectirt wird, nach i ins Auge gelangen. Man verlängere diesen reflectirten Strahl hinter dem Spiegel, und verlängere auch die Verticallinie von D auf dem Spiegel, bis sie sich beyde in d schneiden, so ist d das Bild des Punktes von D . Der niedriger liegende Punkt F des Objectes wird, wie man auf eine ähnliche Art finden kann, sein Bild in f machen. So entstehen von allen Punkten des Objectes DE die Bilder derselben zwischen d und e , und es stellt sich also im Ganzen ein umgekehrt stehendes Bild de des Gegenstandes DE dar.

§. 686. In Planspiegeln, die schief gegen einander gesetzt werden, erscheinen die Objecte dazwischen vervielfältigt, wegen der vervielfältigten Reflexion; und zwar erscheinen sie so oft, weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. In parallel gegen einander über stehenden Spiegeln erscheint das Object, das gerade zwischen beyde gestellt wird, unzählige mal.

Hierher gehören die Winkelspiegel, die nach Art eines Saues geöffnet werden können. Das Bild eines dazwischen gestell-

gestellten Gegenstandes erscheint bey einem Winkel der Spiegel

von 120 Graden 2 mal

90	1	3	1
72	1	4	1
60	1	5	1
54	1	6	1
45	1	7	1
40	1	8	1
36	1	9	1

a. f. w.

Es seyen zwey Planspiegel AC. und BC (Fig. 76.) unter einem Winkel $ACB = 45^\circ$ an einander gefügt. Das Auge O sey selbst der strahlende Punkt und befinde sich zwischen den Spiegeln, so sieht es sich an den Stellen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 hinter den beyden Spiegeln, und zwar in einem Kreise, dessen Radius OC und dessen Mittelpunct C ist. Das Auge O bildet sich hinter dem Spiegel BC in 1 ab, eben so weit dahinter, als es davor ist, so auch hinter dem Spiegel AC in 2. Jedes dieser Bilder können wir wieder als ein Object in Rücksicht des gegen über stehenden Spiegels betrachten, hinter dem es sich so weit wieder abbildet, als es davor ist. So bildet sich also 1 hinter dem Spiegel AC in 3, 2 hinter dem Spiegel BC in 4, 3 hinter dem (bis b verlängerten) Spiegel BC in 5, 4 hinter dem (bis a verlängerten) Spiegel AC in 6, 5 hinter AC in 7 ab; das Bild von 6 ist mit dem von 7 eins, oder fällt damit zusammen, und 7 liegt in der geraden Linie, die von O durch den Mittelpunct des Kreises C oder den Winkel der Spiegel gezogen werden kann, und kann sich also auf keinem Spiegel weiter abbilden.

Die Bilder des einen Spiegels sind freylich keine Objecte für den andern Spiegel in der That, und die im Gedanken verlängerten Spiegel Ca und Cb können keine Bilder wirklich machen, wie wir uns hier der mehrern Leichtigkeit wegen die Sache vorgestellt haben. Der wahre Grund der Vielfachheit der Bilder liegt in der unvermeidlichen Reflexion des Lichts zwischen diesen Spiegeln, und darin, daß wir da ein Bild des Punctes hinsetzen, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommen muß, dessen Grundfläche die Pupille unseres Auges ist. Um dies näher zu erläutern, wollen wir uns zwey Spiegel AC und BC (Fig. 77.) vorstellen, die unter dem Winkel von 72° Gr., BCA, an einander gefügt sind, und worin sich also das Object viermal abbilden wird. Das Object sey in F, die Pupille des Auges in f, das nun das Bild von F in 1, 2, 3, 4, sieht. Es geht nämlich ein Lichtkegel Fih nach dem Spiegel BC, der durch Reflexion von ih nach der Pupille des Auges in f gelangt und das Urtheil erzenget, daß er von 1 herkomme, wohin also die Seele das Bild von F setzt. Es fällt ferner ein Lichtkegel Fab auf den Spiegel AC und geht durch Reflexion von ab nach f zur Pupille des Auges, das nun das Bild des Punctes F nach a setzt; wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommt.

kommt. a macht ein Bild in 3 , nicht deswegen, weil es sich eben so weit wieder hinter dem verlängerten Spiegel BCD abbildete, als es davor ist; sondern weil in uns das Urtheil von dem Daseyn des Punktes F in 3 entsteht, da der Lichtkegel, den von F nach ed auf den Spiegel AC fällt, von da durch Reflexion auf den Spiegel BC in g geworfen wird, und hier wieder von g nach der Pupille in f zurückstrahlt und so ins Auge kommt, daß er bey der Verlängerung seine Spitze in 3 haben muß, oder als ob er von 3 herkäme. Das Bild in 4 entsteht auch nicht deswegen, weil sich das Bild 1 hinter dem verlängerten Spiegel ACE so weit abbildete, als es davor ist; sondern weil ein Strahlenkegel von F nach no , von da durch Zurückstrahlung nach lm , und von da durch Zurückstrahlung nach der Pupille in f gelangt, und nun so ins Auge kommt, als ob er von 4 herkäme oder hier seine Spitze hätte. — Alle andere Strahlenkegel, die von dem unbewegten F nach beyden Spiegeln gehen, treffen nach den Zurückstrahlungen das Auge nicht, so lange es in f ist. — So ist es nun in allen andern Fällen dieser Spiegel.

Kaestner de multiplicatione imaginum ope duorum speculorum planorum; in den *dissertationib. mathem. et phys.* II. S. 2. *Muschenbroek introductio ad philosoph. nat.* II. 1793 — 1796.

Hierauf beruhet auch die Einrichtung der Spiegelzimmer, Spiegelcabinette und Spiegelkammern.

Gehler's physikal. Wörterbuch, Th. IV, S. 132 ff.

Von Abbildungen in Spiegeln, die einen äußern Binsel mit einander bilden, s. *Muschenbroek a. a. D.* I. 1792.

§. 687. Vermittelt der durch Planspiegel reflectirten Lichtstrahlen können daher auch Gegenstände betrachtet werden, wenn auch die gerade Linie zwischen diesen und dem Auge von undurchsichtigen Körpern unterbrochen würde.

Hierher gehört: 1) das Perspectiv, durch ein dickes Beer zu sehen, oder das Zauberperspectiv (*Tubus magicus*). Gehler's phys. Wörterbuch, Th. IV. S. 345. ff.

2) Das Hevelsche Polemoskop, der Wallgäcker, Operngucker (*Polemoscopium*). *Muschenbroek a. a. D.* I. 1797. Gehler a. a. D. Th. III. S. 339.

§. 688. Aus der Reflexion der Lichtstrahlen von den Kugelflächen (§. 672 — 676.), und aus dem Satze, der auch auf krumme Spiegel anzuwenden ist:

ist: daß das Bild eines strahlenden Punctes in einem Spiegel da liegt, wo von zwei unendlich nahe einfallenden divergirenden Strahlen die reflectirten sich durchschneiden (§. 682.), läßt sich nun auch bestimmen, wie die sphärischen Spiegel Bilder machen.

§. 689. Man kann hieraus leicht finden:

- 1) Warum ein Gegenstand in einem hohlen Kugelspiegel gar kein Bild macht, wenn er sich im Brennpuncte der parallelen Strahlen des Spiegels befindet;
- 2) Warum das Bild aufrecht hinter dem Spiegel und größer als der Gegenstand erscheint, wenn dieser zwischen dem Brennpuncte und dem Spiegel sich befindet;
- 3) Warum das Bild um desto weiter hinter dem Spiegel, und desto größer erscheint, je näher der Gegenstand nach dem Brennpuncte des Spiegels zurücktritt;
- 4) Warum die Bilder verkehrt und vergrößert werden und ein Luftbild darstellen, das weiter vom Spiegel fällt, als der Gegenstand davor ist, wenn der Brennpunct des Spiegels zwischen dem Gegenstande und dem Spiegel steht;
- 5) Warum das umgekehrt stehende Luftbild Größe und Entfernung des Gegenstandes erlangt, wenn der Gegenstand im Mittelpuncte der Kugelfläche steht;
- 6) Warum diese umgekehrten Luftbilder kleiner werden und dem Spiegel näher liegen, als der Gegen-

Gegenstand, wenn der Mittelpunkt der Kugelfläche zwischen den Gegenstand und den Spiegel fällt;

- 7) Warum endlich das Object, welches keine dem Spiegel concentrische Oberfläche hat, darin verzerrt dargestellt wird; weil nämlich dann der Abstand der sich abbildenden Punkte des Objects vom Spiegel ungleich ist.

Muschenbroek a. a. D. ff. 2011 — 2023.

1) Es sey ab (Fig. 78.) ein sphärischer Hohlspiegel, sein Centrum C, sein Brennpunct paralleler Strahlen F, und in diesem Brennpuncte stehe ein strahlender Punct; so wird der Strahlenkegel Fgh bey der Reflexion zum Strahlencylinder; und alle von F divergirend anfallende Strahlen werden zu parallelen (§. 673). Das Auge in Q oder sonst wo, das einen solchen Strahlencylinder empfängt, faun kein Bild des Punctes von F empfinden, weil der Strahlencylinder keine Spitze hat.

2) Es sey der Gegenstand DE (Fig. 79.) zwischen dem Brennpuncte F und dem Spiegel ab, dessen Mittelpunkt C ist. Der oberste Punct D des Objects wirkt einem Strahlenkegel Dgh nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel reflectirt wird und nach Q ins Auge gelangt. Er kommt so ins Auge, als ob er seine Spitze in d hätte; und hierher setzt das Auge das Bild d des Punctes D. Vom untersten Puncte E geht ein Strahlenkegel Eik nach dem Spiegel, und durch Reflexion nach Q so, als ob er von e hinter dem Spiegel herkäme, wohin also unser Auge das Bild e vom Puncte E setzt. Da die Puncte d und e im Bilde weiter aus einander liegen, als im Objecte D und E, so sehen wir das Bild größer, als den Gegenstand. Der Grund davon liegt in der Abnahme der Divergenz der Strahlen bey der Reflexion (§. 673. 4.).

3) Je näher der Gegenstand DE (Fig. 79.) dem Brennpuncte F tritt; um desto mehr nimmt die Divergenz der reflectirten Strahlen ab; desto später laufen sie bey der Verlängerung hinter dem Spiegel zusammen; desto weiter ist also die Spitze der Strahlenkegel, die das Auge empfängt, von der Grundfläche entfernt; desto weiter fällt also das Bild hinter den Spiegel; und desto weiter liegen die äußersten Puncte d und e aus einander; folglich desto mehr wird es vergrößert, bis es endlich unendlich groß in einer unendlichen Entfernung wird, d. h., ganz verschwindet, wenn die strahlenden Puncte um die Brennweite entfernt sind (1).

4) Es sey der mit der Spiegelfläche concentrische Gegenstand DE (Fig. 30.) so weit davon entfernt, daß er zwischen dem Brennpuncte F und dem Centro C des Spiegels ab stehe. Der oberste Punct D wirft einen Strahlenkegel Dgh auf den Spiegel, dessen Strahlen unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Sie werden dadurch in ihrer Divergenz vermindert und laufen in d zusammen. So werden auch die Strahlen des Lichtkegels Eik durch Reflexion wieder zusammenlaufend in e. Wäre nun ein Auge in o oder d, so würde es freylich kein Bild von den Puncten D und E sehen, da die Strahlen, die es hier empfängt, convergirend sind, und folglich bey der Verlängerung rückwärts noch weniger zusammenlaufen, als die parallelen. (1). Man steht leicht, daß dies auch der Fall seyn müßte, wenn sich das Auge näher nach dem Spiegel zu befindet, wo es alle die von dem Spiegel zurückfahrenden Strahlen als convergirend empfängt. Wenn man dies aebdrig erwägt, so wird man gar keinen Einwurf gegen Barrow's Theorie (§. 682.) von der Entstehung der Bilder in den Spiegeln bey diesen Fällen finden. — Wenn aber in ed eine reflectirende Fläche ist, auf welche die Strahlenkegel ike und ghd auffallen und davon wieder als divergirende nach allen Seiten zurückstrahlen, so wird das Auge, das dieser Fläche zu gerichtet ist, das ganze Bild ed auf derselben sehen, vorausgesetzt, daß diese reflectirende Fläche kein Licht anders woher erhält, das die Empfindungen des Bildes ed verwischen könnte. Da die vom Spiegel reflectirten Strahlenkegel ghd und ike sich durchkreuzen, so wird das Bild ed gegen das Object DE verkehrt stehen, und die Puncte d und e werden weiter aus einander liegen, als D und E.

5) Wenn DE (Fig. 30.) nach C vom Spiegel zurücktritt und endlich in C anlangt, so tritt das umgekehrte Luftbild ed dem Spiegel näher, wird kleiner, und würde endlich dem Gegenstande gleich und ähnlich, obgleich umgekehrt, seyn, wenn alle seine strahlenden Puncte so weit vom Spiegel entfernt wären, als C, in welchem Falle DE nur ein Punct seyn müßte.

6) Wenn das Object DE (Fig. 31.) so weit vom Spiegel ab absteht, daß das Centrum des Spiegels C zwischen demselben und dem Spiegel ist, so werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel Dgh und Eik, die von dem obersten und untersten Puncte D und E gegen den Spiegel fahren, durch die Reflexion auch zu convergirenden, die in e und d zusammenfahren. Da sich die Strahlenkegel nach der Reflexion durchkreuzen, so machen sie ein umgekehrtes Bild ed des Gegenstandes DE, und zwar liegen die äußersten Puncte o und d im Bilde zinander näher, als D und E im Objecte; das Bild ist also verkleinert. — Uebrigens hat es mit diesem Bilde wieder eben die Verwandtschaft in Ansehung seiner Wahrnehmung, als im vorigen Falle (4). Ein Auge in o oder d empfängt nur die Spitzen der Strahlenkegel, nicht ihre Grundfläche. Das

Bild ed wird also nur dann sichtbar, wenn da, wo die Vereinigungspuncte der reflectirten convergirenden Lichtstrahlen hinfallen, eine reflectirende Fläche ist, die diese Lichtstrahlen wieder als divergirende zurückstrahlen kann. Da ein strahlender Punct des Object's nicht bloß einem Lichtkegel zum Spiegel sendet, sondern auf jeden Punct des Spiegels Lichtstrahlen vom leuchtenden Objecte fallen, so strahlt auch 1 B. von E (Fig. 32.) nicht bloß der Kegel Eik auf den Spiegel, sondern auch der Kegel Eam. Ist nun das Auge in Q, so empfängt es nicht allein von dem Vereinigungspuncte der reflectirten Strahlen ghd, sondern auch von dem der reflectirten Strahlen mne einen Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges, und deren Spitze in o und d ist. So ließe sich erklären, wie das Auge in ed ein Bild von DE sehen könne.

Dessen ungeachtet ist der Umstand allerdings wahr, daß ein Auge die Bilder der Gegenstände, die weiter vom Spiegel abstehen, als der Radius desselben beträgt, und die dem Spiegel Lichtkegel zusenden, auf dem Spiegel selbst gewisser Maßen schweben sieht; ein Phänomen, das aus dem bisher Vorgetragenen nicht zu erklären ist, viels leicht einen Gesichtsbetrug zum Grunde hat, und es vom neuem bekräftigt, daß wir aus mehreren Umständen, als aus dem Scheitel der Strahlenkegel, die scheinbare Stelle der Gegenstände beurtheilen.

Kaefner de obiecti in speculo sphaerico vis magnitudinis apparente; in den comment. nov. Goetting. T. VIII. 1777.

§. 690. Ingleichen läßt sich davon die Anwendung auf erhabene Kugelspiegel machen, und daraus finden:

- 1) Warum das Bild eines Gegenstandes aufrecht und kleiner als derselbe, hinter dem Spiegel erscheint;
- 2) Warum das Bild um desto mehr verkleinert wird, je kleiner der Halbmesser der Kugelfläche ist;
- 3) Warum das Bild nie weiter hinter seiner Fläche erscheint, als um den vierten Theil des Durchmessers des Spiegels.

4)

- 4) Warum endlich auch das Bild des Gegenstands des verzerrt ist, wenn der Gegenstand nicht concentrisch ist mit der Spiegelfläche.

Muschenbroek a. a. O. §§. 1298 — 1206.

1) Da der imaginäre Vereinigungspunct der, von den Spiegeln dieser Art, reflectirten divergirenden Strahlen, oder der Strahlentegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist, allemal hinter den Spiegel fällt (§. 676.), so muß auch das Bild der Gegenstände hinter dem Spiegel erscheinen. Es sey (Fig. 82.) ab ein convexer Kugelspiegel, ED das Object, das mit dem Spiegel gleiche Krümmung hat, C der Mittelpunct des Spiegels, F sein imaginärer Brennpunct paralleler Strahlen. Das Auge befinde sich in Q. Es empfängt durch Reflexion die Lichtegel Egh und Dik von den äußersten Puncten E und D des Objects, und sieht das Bild desselben in ed. Da die Divergenz der Strahlen bey der Reflexion die Flächen vermehrt wird, so laufen sie auch rückwärts hinter dem Spiegel verlängert früher zusammen, oder die Winkel in e und d sind größer, als die in E und D; die Puncte e und d liegen also näher bey einander, und das Bild ist kleiner, als der Gegenstand. Wenn das Object auf der dem Spiegel zugekehrten Seite nicht gleiche Krümmung mit dem Spiegel selbst hat, so erscheint es nothwendiger Weise verzerrt.

2) Je kleiner der Halbmesser der Spiegelfläche wird, desto kürzer ist der Abstand des Vereinigungspuncts der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen; oder, wenn r kleiner wird, so wird in der Formel:
$$x = \frac{dr}{2d + r}$$
 (§. 676.), auch dieses x als Quotient abnehmen. Die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen werden also, bey gleichem Abstände des Objects vom Spiegel, desto früher zusammentreffen; die Vereinigungspuncte werden desto näher bey einander liegen, und das Bild wird also desto kleiner erscheinen.

3) Je weiter der Gegenstand vom Spiegel abrukt, oder je größer d in der Formel:
$$x = \frac{dr}{2d + r}$$
 wird, desto größer wird x, oder der Abstand des Vereinigungspuncts der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen vom Spiegel; aber er kann nie größer werden, als $\frac{1}{2}r$, wenn auch $d = \infty$ in Vergleichung mit r wird, oder der Gegenstand so weit vom Spiegel entfernt ist, daß die Divergenz der von seinen strahlenden Puncten ausgehenden Strahlen verschwindet, oder sie zu parallelen werden.

§. 691. Endlich lassen sich auch daraus die Erscheinungen der cylindrischen und conischen erhabenen Spiegel bestimmen. Beide Arten der Spiegel wirken der Länge nach als ebene Spiegel, und bilden also in so fern die Gegenstände, deren Fläche mit der Fläche dieser Spiegel concentrisch ist, in der ordentlichen Größe ab. Die cylindrischen aber sind der Quere nach erhabene Kugelspiegel, und müssen also in so fern verkleinern, und folglich die Gegenstände der Quere nach schmaler vorstellen. Die conischen sind der Quere nach ebenfalls als erhabene Kugelspiegel anzusehen; da aber die Cirkelflächen nach der Spitze zu immer kleiner werden, so verkleinern sie auch oben mehr, als unten.

Befestigung durch Versuche und Zeichnungen, die zwar verzerrt gemahlt sind, aber in diesen Spiegeln ordentlich erscheinen (catoptrische Anamorphosen).

Casp. Schouli Magia universalis. Herbig. 1657. 4.

Ein Instrument, um diese anamorphotischen Zeichnungen zu entwerfen, hat Lenzpold beschrieben (*Jac. Lenzpold Anamorphosis mechanica nova. Leipzig. 1714. 4.*).

Von Pyramidalspiegeln.

Muschenbroek a. a. D. §§. 2029. 2030.

Von prismatischen Spiegeln.

Muschenbroek a. a. D. §. 2032.

Brechung des Lichts.

§. 692. Wenn Lichtstrahlen aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit in einer schiefen Richtung übergehen, so behalten sie, wenn sie die Fläche treffen, die beide Mittel von einander scheidet, nicht mehr die vorige Richtung, sondern werden

werden von derselben abgelenkt. Man nennt dies die **Brechung der Lichtstrahlen** (*Refractio lucis*).

Bestätigung an Glas und Wasser.

§. 693. Wenn der schief einfallende **Lichtstrahl** (*Radius incidens*) SC (Fig. 83.) aus einem dünnern Mittel, z. B. aus der Luft, in ein dichteres, z. B. in Wasser, übergeht, so wird er an der Oberfläche AB des letztern in dem **Einfallspuncte** (*Punctum incidentiae*) C von seinem vorigen Wege abgelenkt, und der geraden Linie, die man senkrecht auf und durch das dichtere Mittel im **Einfallspuncte** zieht, dem **Einfallsloth** oder **Neigungsloth** (*Cathetus incidentiae*) DE näher gebracht, und geht in der Direction CR. Der Winkel SCD, welchen der einfallende Strahl SC mit dem Einfallsloth DE macht, heißt der **Einfallswinkel** (*Angulus incidentiae*); der Winkel RCE, welchen der gebrochene Strahl CR, der von seiner vorigen Richtung abweicht, mit dem Einfallsloth DE macht, der **Brechungswinkel** (*Angulus refractionis*); und der Winkel aCR, welcher aus dem verlängerten einfallenden Strahle Ca und dem gebrochenen CR sich bildet, der **gebrochene Winkel** (*Angulus refractus*).

§. 694. Die Erfahrung lehrt allgemein folgendes Gesetz: Wenn das **Licht** aus einem dünnern Mittel in ein dichteres schief übergeht, so wird es dem Perpendikel zu gebrochen, und der Brechungswinkel ist kleiner, als der Einfallswinkel; wenn es aber aus dem dichtern Mittel in das dünnere

nere schief übergeht, so wird es vom Perpendikel ab gebrochen, und der Brechungswinkel ist größer, als der Einfallswinkel. Der gebrochene und einfallende Strahl bleiben aber immer mit dem Einfallslothe in einerley Ebene.

1) Wenn z. B. oberhalb AB (Fig. 83.) Luft, unterhalb Wasser ist, so wird der schief einfallende Lichtstrahl SQ bey'm Eintritte ins Wasser nicht nach a fortgehen, sondern der Perpendikellinie DE zugelenkt; und der Brechungswinkel RCE ist kleiner, als der Einfallswinkel SCD.

a) Wenn hingegen ein Lichtstrahl BC aus dem Wasser unterhalb AB schief in die Luft übergeht, so wird er vom Perpendikel DE abgelenkt, der Brechungswinkel SCD ist größer, als der Einfallswinkel RCE.

§. 695. Diese Brechung steht zwar nicht im genauen Verhältnisse mit dem eigenthümlichen Gewichte der durchsichtigen Mittel; dagegen aber mag die Größe des Einfallswinkels beschaffen seyn, wie sie will, so findet immer ein beständiges und unabänderliches Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfallswinkels $fi = ba$, und dem Sinus des Brechungswinkels oder dem Brechungssinus FR für einerley Paar von durchsichtigen Mitteln Statt.

§. 696. Jeder Lichtstrahl, der auf die durchsichtigen Körper von verschiedener Dichtigkeit senkrecht auffälle, geht ungebrochen durch.

§. 697. Um nun von diesen Gesetzen der Brechung Anwendung machen zu können auf die davon abhängenden Phänomene, ist es nöthig, das Brechungsverhältniß, das ist, das Verhältniß des Brechungssinus FR zum Einfallssinus $fi = ba$, (oder, wenn

wenn wir den Strahl umgekehrt gehen lassen wollen, das Verhältniß des Einfallssinus FR zum Brechungssinus si oder ba,) der durchsichtigen Mittel zu wissen, die der Gegenstand unserer Betrachtung sind. Hier genügt es, nur das zwischen Luft und gewöhnlichem Glase, und zwischen Luft und Wasser zu wissen. Das erstere ist nahe wie 3 : 2, das andere fast wie 4 : 3. Demnach ist (Fig. 83.) ba oder si : FR = 4 : 3.

Der Brechungssinus verhält sich zum Einfallssinus, den man gleich 1,000 annimmt, wenn das Licht aus der durchsichtigen Masse in die Luft geht,

nach Kochon bey	gemeinem Glase wie	1,543
	Flintalase	1,612
	Diamant	2,755
	Bergkrystall	1,575
	isländischem Krystall	1,625
	destill. Wasser von 14° R.	1,333
	rectificirtem Weingeiste	1,378
	gesättigter Kochsalzauflösung	1,375
	Salmiakauflösung	1,382
nach Newton bey	Frauenlase	1,487
	Steinsalze	1,545
	Alaun	1,458
	Witriolbhle	1,438
	Kampber	1,500
	Baumbhle	1,466
	Leinbhle	1,481
	Terpentinbhle	1,470

§. 698. So viele Erklärungen auch über die wirkende Ursach des Phänomens der Brechung gegeben worden sind, so ist doch keine befriedigender, als die, welche uns Newton selbst davon gegeben hat. Sie reducirt sich auf die Kraft der Cohärenz, oder, wenn man lieber will, der Anziehung der durchsichtigen Materie mit dem Stoffe des Lichts, so wie die Reflexion im Gegentheile den Mangel dieser Cohärenz oder Anziehung anzeigt (§. 668. Anm.).

Wir

Wir wollen zur Erläuterung annehmen, daß ebene Flächen die Mittel von einander trennen, durch welche das Licht auf seinem Wege geht, und daß diese Flächen gegen einander parallel sind. Es sey also zwischen den parallelen Flächen (Fig. 84.) NS, als Wasser oder Glas enthalten, und dars über und darunter Luft. Man ziehe mit ihnen ML und ml in gleichen Entfernungen davon parallel. Sie sollen dem Abhand darstellen, bey welchem die Wirksamkeit des Körpers NS auf das Licht thätig zu werden anfängt, der zwar an sich klein ist, aber um der Deutlichkeit der Zeichnung willen hier verhältnismäßig so groß vorge stellt wird. Es komme ein Lichttheilchen in der perpendicularen Richtung Ac gegen die Fläche NS. So wie es in e in die Sphäre der Wirksamkeit NS gelangt ist, und von dem Theilchen des Körpers NS stärker gezogen wird, als von dem dünneren Medio, aus dem es kommt, so nimmt seine Geschwindigkeit in dem Raume von e bis z zu; aber es kann dadurch nicht von seinem Wege abgelenkt werden. Es geht bloß mit zunehmender Geschwindigkeit fort und erlangt das Maximum derselben innerhalb zq. So wie es aus q heraustritt, ist die Anziehung des Körpers NS dagegen seiner Richtung entgegen und der Wirkung auf der obern Fläche gleich; es verliert also das Lichttheilchen in dem Raume qt wiederum rückwärts so seine Vermehrung der Geschwindigkeit, als es sie von e gegen z zu was send erhielt. Der senkrecht auffallende Strahl erleidet also nach dieser Hypothese keine Brechung, wie die Erfahrung auch lehrt; und die Geschwindigkeit des Lichts außerhalb ML und ml bleibt sich gleich.

Wenn nun das Lichttheilchen in der schiefen Direction Dd gegen ML ankommt, so kann diese Bewegung in zwey andere, DE und Ed, zerlegt werden. Da die Wirkung des Körpers NS auf das Lichttheilchen nach der Perpendicularen Linie geschieht, so kann die parallele Bewegung DE keine Veränderung erleiden; die Bewegung oder Geschwindigkeit Ed hingegen muß, wie vorher gezeigt ist, wachsend zunehmen, und daher muß das Lichttheilchen von dem Punkte d an gegen die Fläche NS zu die krumme Linie di beschreiben, die ihre höhe Seite gegen NI zu gekehrt hat. Die Tangente te li, die die Richtung des Lichttheilchens bey dem Eintritt in die Fläche des Körpers NS anzeigt, muß folglich dem Perpendikel Bb näher kommen und es unter dem kleinern Winkel ilb schneiden, als die erstere Richtung Dd mit dem Perpendikel Bb bey der Verlängerung machen würde. Da in dem Raume li die Anziehungskräfte der Materie des Körpers NS auf gegen das Lichttheilchen gleich bleiben, so bleibt es in der Richtung li unverändert, bis es nach i gelangt. Hier wird die Anziehung des Körpers gegen das Licht, die auf nl perpendicular ist, seiner Perpendicularen Geschwindigkeit wiederum hinderlich; sie nimmt daher bey dem Fortgange des Lichts gegen ml zu außerweife wiederum ab, und es wird seine Bahn eben so von i nach o zu auf die entgegengekehrte Seite gebogen, als es von d nach l geschah.

schab. Es verliert hier allmählig die Zunahme der Perpendiculargeschwindigkeit wieder, die es in dI erlangte, und hat in e wieder die vorige Geschwindigkeit, die es beim Eingange in d besaß. Da die entgegengesetzten Krümmungen in e und dI gleich sind, so muß auch die Richtung des Lichts in e parallel seyn mit der in d , wie die Erfahrung lehrt, und es muß wieder vom Perpendikel abgelenkt werden.

Endlich ist auch die Permanenzität des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels nach dieser Hypothese zu erklären. Es fasse nämlich ein Lichtstrahl AI (Fig. 84.) aus der Luft in Glas, so wird er im letztern dem Perpendikel PD zugeleitet werden: und der Winkel $PIA = DIE$ mag seyn, wie er will, so wird der Sinus dieses Einfallswinkels, oder EF , immer in einem beständigen gleichen Verhältnisse mit dem Brechungssinus BC seyn; und zwar wird $EF : BC$ immer nahe wie $3 : 2$ seyn, wenn der Lichtstrahl aus der Luft in Glas, und nahe wie $4 : 3$, wenn er aus der Luft in Wasser übergeht. Weil nämlich die Kräfte der Anziehung im Glase an der brechenden Fläche GH die parallele Geschwindigkeit AP des Lichtpartikels nicht ändern, sondern nur die perpendicularäre PI , und diese vermehren, wie vorhin gezeigt worden ist; so wird das Licht in eben der Zeit nach der Brechung von dem Einfallslothe PD um den gleichen Raum CB abgehen, in welcher es sich ihm um den Raum AP näherte. Die Direction des Lichts gegen die Fläche GH mag seyn, welche sie will, so wird, weil die Anziehungskräfte dieser Fläche gleich bleiben, die Zunahme der Perpendicularargeschwindigkeit PI des Lichts immer dieselbe bleiben, (oder auch die Abnahme derselben, wenn das Licht aus dem dichtern in das dünnere Medium übergeht, oder vom Perpendikel ab gebrochen wird;) oder PI wird mit IC ein immer gleiches Verhältniß haben, indem PI die Perpendicularargeschwindigkeit des Lichts vor der Brechung, IC sie durch die Brechung vermehrt vorstellt. Hieraus ist klar, daß, weil die Geschwindigkeit des Lichts vor der Brechung aus AP und PI , und nach der Brechung aus CB und IC zusammengelegt ist, es in einerley Zeit vor der Brechung AI , und nach der Brechung IB durchlaufen müsse. Wenn nun $AP = CB$ genommen wird, und PI und IC einerley Verhältniß beständig behalten, so ist auch die ganze Geschwindigkeit des Lichts vor dem Brechen zu der nach dem Brechen in einem unveränderlichen Verhältnisse. Es ist aber

$$\begin{array}{ll} AI : AP (= BC) = \sin. tot. & : \text{Einfallssinus} \\ BC : BI & \Rightarrow \text{Brechungssinus} : \sin. tot. \end{array}$$

folglich $AI : BI$ wie der Brechungssinus zum Einfallssinus.

§. 699. Wenn die Strahlen bey dem Uebergange aus dem dichtern Mittel in das dünnere so schief

schief übergehen, daß der Brechungssinus größer werden müßte, als der Sinus totus ist, (welches unmöglich ist,) so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung.

Es falle ein Strahlencylinder E (Fig. 26.) von der Sonne im finstern Zimmer auf ein gläsernes dreiseitiges, gleichwinkliges, Prisma in der Direction Ea , so daß er auf der Fläche EV fast senkrecht sey, so wird er fast ungebrochen durchgehen, aber in dem Glase selbst sehr schief auf die Fläche SV gehen; er sollte hier nun bey dem Uebergange in die Luft vom Perpendikel abgelenkt werden; da aber der Brechungssinus dann größer werden müßte, als der Sinus totus, so erfolgt Zurückstrahlung von G nach der Fläche SV , und hier geht er, weil er nahe senkrecht darauf steht, auch fast ungebrochen in die Luft zurück und bringt hier Erleuchtung zuwege. Auch diese Erscheinung folgt aus der vorher angeführten Ursach der Brechung. Die Anziehung der Theilchen des Glases zu denen des Lichts macht nämlich jetzt bey der Kleinheit des Einfallswinkels in C die Perpendiculargeschwindigkeit desselben bey'm Uebergange in die Luft ganz verschwinden, und die Refraction verwandelt sich in Reflexion.

Muschenbroek a. a. D. 1732. Car. Scherffer institut. physie. II. S. 174. ff.

§. 700. Bey der Brechung des Lichts in seinem Uebergange aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes hängt also der Brechungswinkel ab: theils von der Natur des brechenden Mittels, theils von der Neigung des einfallenden Strahles. Gemeinhin sind zwar die brechenden Kräfte der durchsichtigen Mittel im Verhältnisse mit ihrer Dichtigkeit; man kann indessen nicht sagen, daß diese Regel ganz genau und daß sie allgemein zutrefte; denn einige durchsichtige Mittel brechen stärker, andere schwächer, als es nach Verhältniß ihres eigenthümlichen Gewichts geschehen sollte. So kann daher manchmal das Licht bey'm Uebergange aus einem Mittel in ein anderes

merk-

merklich gebrochen werden, obgleich die specifischen Gewichte dieser Mittel nicht merklich verschieden sind, z. B. Alaun und grüner Vitriol; so kann es ferner aus einem Mittel in ein anderes ohne Brechung übergehen, obgleich die Dichtigkeiten derselben verschieden sind, wie z. B. bey Baumöhl und Borax; ja es kann endlich sogar bey Uebergange aus dem dichtern ins dünnere Mittel dem Perpendikel zu gebrochen werden, wie bey Wasser und Terpentindhl.

Muschenbroek a. a. D. §. 1720 — 1724.

§. 701. Bey dem Brechen in durchsichtigen ebenen Flächen bleiben schief einfallende parallele Strahlen auch nach dem Brechen parallel, sie mögen aus dem dünnern in das dichtere Mittel, oder umgekehrt, gehen. Bey dem Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres von ebener Fläche werden einfallende divergirende in ihrer Divergenz, und einfallende convergirende Strahlen in ihrer Convergenz vermindert; bey dem Uebergange aus einem dichtern in ein dünneres Mittel von ebener Fläche werden divergirende oder convergirende Strahlen mehr divergirend oder convergirend. Dies folgt aus dem allgemeinen Gesetze der Brechung (§. 694.).

§. 702. Aus diesem Brechen der Lichtstrahlen in Mitteln von verschiedener Dichtigkeit und ebenen Flächen läßt sich erklären, warum ein Gegenstand unter oder hinter einem ebenen Glase dem Auge fast um $\frac{1}{3}$ näher nach der Oberfläche des Glases zu erscheint, als er wirklich liegt; warum eine Münze in einem undurch-

undurchsichtigen Gefäße, die bey einer gewissen Stellung des Auges nicht zu sehen ist, sichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Wasser gefüllt wird; warum der Boden eines Gefäßes mit Wasser hohl zu seyn und höher zu liegen scheint; warum ein Stock im Wasser gebrochen erscheint; warum ein Fisch im Wasser nicht an seinem wahren Orte, sondern ungefähr um $\frac{1}{2}$ näher nach der Oberfläche zu gesehen wird; warum Sterne schon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem wirklichen Untergange wahr genommen, und eine Mondfinsterniß gesehen werden kann, wenn die Sonne noch über unserm Horizonte erscheint; warum die Gestirne höher nach dem Zenith zu beobachtet werden, als sie wirklich stehen; und worin endlich überhaupt die astronomische Strahlenbrechung (*Refractio astronomica*) besteht.

Maschenbroek a. a. O. S. 1928 — 1931.

Einführung in die astronomischen Wissenschaften, verf. von Lammert Jhr. Abth. Th. I. Greifswalde 1768. 8. S. 96 — 140.

§. 703. Noch gehören hierher:

1) Die vervielfältigte Erscheinung eines Gegenstandes durch ein Kautenglas (*Polyëdram*).

Es sey ABCD (Fig. 37.) ein vielsäckig geschliffenes Glas. Die drey vordern Flächen BC, CD und DA seyen dem Gegenstande F zu gerichtet, und hinter der Fläche BA befinde sich das Auge in O. Dies sieht nun den Punct F dreysach, in F, in L, und in M. Denn von dem Strahlenkegel, der auf die Fläche CD von dem strahlenden Puncte fällt, und wovon wir hier nur die Achse Fg gezeichnet haben, geht diese Achse, da sie senkrecht auf den Flächen CD und BA steht, ungebrochen in das Glas und heraus, und gelangt zum Auge in O. Der Strahlenkegel Fh, der auf die Fläche CB fällt, wird im Glase dem Perpendikel zuaklenkt und bey'm Austritte aus dem Glase vom Perpendikel abgelenkt, und gelangt auch zum Auge in O, das nun den Gegenstand nach L seyn muß. Eben so

so ist es endlich mit dem Strahlenkegel Fh , der auch nach den erlittenen Brechungen zum Auge in O kommt und die Vorstellung des Sehens in M erzeugt.

Muschenbroek a. a. O. S. 1933.

- 2) Die dioptrischen Anamorphosen, oder Zeichnungen einzelner Theile, die durch ein palmädrisches Glas betrachtet als ein ordentliches Ganzes erscheinen.

Jo. Geo. Leupmanns Anmerkungen vom Glaskeilen. Wittenberg 1728. 8. S. 96. ff.

- 3) Die scheinbare Ortsveränderung der Körper, die durch ein gläsernes Prisma betrachtet werden.

- 4) Die besondern Erscheinungen der Strahlenbrechung in der Luft, die an verschiedenen Stellen ungleich erwärmt, und also ungleich dicht ist, nach Hrn. Büsch und Gruber.

Büsch tractatus duo optici argumenti, Hamb. 1783. Tob. Gruber physikalische Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen, Dresden 1787. 4.

§. 704. Merkwürdig und noch immer problematisch ist die scheinbare Verdoppelung eines Gegenstandes durch den durchsichtigen Kalkspath oder isländischen Krystall.

Ueber die doppelte Brechung des durchsichtigen Kalkspaths, von Hrn. Haüy; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. 11. S. 403.

§. 705. Aus den allgemeinen Gesetzen der Strahlenbrechung (§. 694. 695.), und der Kenntniß des Verhältnisses der Refraction der durchsichtigen Mittel (§. 697.) läßt sich durch Zeichnungen oder durch Rechnung leicht bestimmen, wie die Brechung der Strah-

Strahlen in gekrümmten Flächen geschieht. Wir betrachten nur hier die Brechung der Strahlen in Gläsern, wovon eine oder beyde Flächen eine erhabene oder hohle Kugelgestalt haben, die man *Lin sen* oder *Lupen* (*Lentes*) nennt. Sie sind entweder auf einer Seite eben und auf der andern erhaben (*planconvex*) (Fig. 88.); oder auf beyden Seiten erhaben (*convexconvex*) (Fig. 89.); oder auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner ist, als der hohlen (*Meniscus*) (Fig. 90.). Diese drey Arten heißen auch zusammen *erhabene Lin sen* (*Lentes convexae*), denen die *hohlen Lin sen* oder *Hohlgläser* (*Lentes concavae*) entgegengesetzt sind, wo entweder die eine Seite eben, die andere hohl ist (*planconcav*) (Fig. 91.); oder beyde Seiten hohl sind (*concavconcav*) (Fig. 92.); oder eine Seite hohl, die andere erhaben ist, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite größer ist, als der hohlen (*concavconvex*) (Fig. 93.). Ein Glas, das auf einer Seite erhaben und auf der andern hohl ist, aber mit einerley Halbmesser, z. B. ein Uhrglas, bricht die Strahlen wie ein *planes Glas*.

§. 706. Die gerade Linie DE (Fig. 94.), welche durch die Mitte der Linse AB geht und auf beyden Flächen derselben perpendicular steht, heißt die *Axe der Linse*. Die Größe der Linse bestimmt man nach der Krümmung ihrer *Convexität* oder *Concavität*, und sie heißt *einjollig*, *zweyjollig*, *zehnfüßig*, *zwanjigfüßig*, u. s. w., wenn der Durchmesser der
Kugel

Kugel, eE , oder dD , wovon die Linse ein Abschnitt ist, 1 Zoll, 2 Zoll, 10 Fuß, 20 Fuß, u. s. w., beträgt.

§. 707. Wenn parallele Strahlen auf **erhabene** Glaslinsen nahe bey der Achse des Glases fallen, so werden sie so gebrochen, daß sie hinter der Linse nach der Achse des Glases zusammengehen und sich in einem Punkte vereinigen, welcher der **Brennpunct** (**Focus**) der Linse heißt. Hinter diesem Punkte durchkreuzen sich die Strahlen wieder und werden **divergirend**. Wenn statt paralleler Strahlen **divergirende** Strahlen eines leuchtenden Punctes auf die erhabene Linse fallen, so werden sie nach dem Brechen 1) weniger **divergirend**, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes kleiner ist, als die Brennweite der Linse; 2) **parallel**, wenn der leuchtende Punct selbst im Brennpuncte ist; 3) **convergirend**, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes größer ist, als die Brennweite. **Convergirend** auffallende Strahlen werden durch diese Linsen nach dem Brechen natürlicher Weise noch mehr **convergirend**. Man nennt die erhabenen Linsen wegen der angeführten Wirkungen auch **Sammlungsgläser**.

1) Es fallen (Fig. 95.) auf die biconvexe Linse ab mit der Achse derselben, hK , die parallelen Strahlen g und b nahe bey der Achse des Glases ein. Sie werden auf der vordern Fläche des Glases erst dem Einfallslothe zugelenkt, und beim Ausgange aus der hintern Fläche vom Einfallslothe abgelenkt; sie werden **convergirend** und vereinigen sich mit der Achse des Glases in F , von wo sie wieder als **divergirende** aus einander fahren, wenn sie sich durchkreuzt haben.

2) Wenn die Strahlen als **divergirende** auf diese Linse fallen, so werden sie durchs Brechen entweder weniger **divergirend**, oder **parallel**, oder **convergirend**, nach der verschiedenen Entfernung des strahlenden Punctes von der Linse.

über AB, $as = d$; PB = z ; und der gesuchte Abstand des Vereinigungspunctes des Strahls nach den Brechungen mit der Achse in F, oder FB, = x . Da die rechtwinkligen Dreiecke OAI und OKG ähnlich sind, so ist $OK : OA = KG : AI$, das ist, nach dem vorher dafür substituirten

$$\text{Werthe, } d + r : d = n : AI; \text{ es ist folglich } AI = \frac{dn}{d+r}.$$

Da ferner die Dreiecke PAI und PKH ähnlich sind, so ist $PA : PH = AI : KH$, das ist, nach dem dafür substituirten

$$\text{Werthe, wie } z + o : z + o - r = \frac{dn}{d+r} : \frac{pq}{p}.$$

Entwickelt man nun die mittlern und äusseren Glieder dieses Verhältnisses, so erhält man $\frac{daz + doz - dar}{d+r}$

$$= \frac{nqz + nqo}{p}, \text{ woraus man den Werth von } z =$$

$$\frac{doz + cqr + dpr - dep}{dp - dq - qr} \text{ findet. Da weiter die Dreiecke PCD und PBT ähnlich sind, so ist } PD : PB = CD : BT,$$

$$\text{d. i., } z + R : z = m : BT. \text{ BT ist also } = \frac{ms}{z + R}.$$

$$\text{Weil endlich auch die Dreiecke FCE und FBT ähnlich sind, so ist } FC : FB = CE : BT, \text{ d. i., } x + R : x = \frac{mp}{q} : \frac{mz}{z + R}.$$

$$\text{Hieraus entsteht die Gleichung } \frac{xmp}{q} = \frac{mx + mzR}{z + R}, \text{ wos}$$

$$\text{aus man einen andern Werth für } z = \frac{pRx}{qx + qR - px}$$

erhält. Aus der Vergleichung dieser beiden Werthe, um x zu erhalten, und nach den gehörigen Reductionen, findet

$$\text{man } x = \frac{dpqR + doqR - dppR - dpqR - pqR - dcq - dpqr + dcpqR + cqRr}{dpqR + cqqR}.$$

Wenn wir $adcpq - dcpp + dppr - cqqR + cpqr$

nun die Dicke der Linse AB = e für nichts oder $= 0$ rechnen, wie wir in der Praxis thun können, so wird in der vorigen

$$\text{Formel } x = \frac{dpqR - dpqR - pqR - dpqr + dppr}{dqRr}$$

$$= \frac{dp(R + r) - dq(R + r) - qR}{dqRr}$$

$$= \frac{d(p - q)(R + r) - qR}{dqRr}. \text{ Das ist nun die allge}$$

meine Formel für die Bestimmung des Abstandes des Vereinigungspunctes der Strahlen von der Linse, oder für FB, wo die Dicke der Linse nicht in Betracht kommt; und zwar dient sie nicht nur für Glas, sondern für jeden andern durchsichtigen Körper, wenn nur das Brechungsverhältniß ($p : q$) bekannt ist, und die Halbmesser der Krümmungen der brechenden Flächen (R, r), so wie der Abstand

Abstand (d) des leuchtenden Punktes, in Fuß, Zoll, oder Linien gegeben ist. Beim Glase ist $p = 30$, genauer aber $= 31$, $q = 20$ zu nehmen.

Wenn parallele Strahlen auf die Glaslinse fallen, so wird $d = \infty$ zu halten seyn, und es wird in der vorigen

Formel $x = \frac{qRr}{(p-q)(R+r)}$. Ist nun 1) die Glaslinse biconver, und zwar mit gleichen Halbmessern der Krümmung, so ist $R = r$, und für parallele Strahlen

wird dann $x = \frac{qr}{2r(p-q)}$. Wenn wir $q = 2$, $p = 3$ nehmen, so ist $x = r$, oder gleich dem Halbmesser der Krümmung, wie es im §. angegeben ist. 2) Ist die Glaslinse planconver, so wird für die ebene Fläche derselben $R = \infty$, und für parallele Strahlen ist $x =$

$\frac{qr}{qr} = \frac{qr}{qr} = \frac{qr}{qr}$. Wenn wir das Brechungsverhältniß im Glase $p : q = 3 : 2$ nehmen, so wird $x = 2r$, folglich gleich dem Durchmesser der erhabenen Seite, wie im §. angegeben ist. 3) Ist die Glaslinse endlich ein Meniskus, so wird der eine Halbmesser der Krümmung, oder R , negativ, und für parallele Strahlen ver-

wandelt sich die obige Formel in $x = \frac{qRr}{(p-q)(R-r)}$. Nehmen wir das Brechungsverhältniß im Glase $= 3 : 2$,

so ist $x = \frac{2Rr}{R-r} = \frac{2}{3}(R-r)$, oder gleich dem Producte der Halbmesser, dividirt durch ihre halbe Differenz, wie es im §. angegeben worden ist.

de la Caille lectiones elementares opticae. Vindob. 1757. 4. Rob. Smiths vollständiger Lehrbegriff der Optik, a. d. Engl. mit Aender. und Zm. von Abr. Gorth. Rasther Alenb. 1779. 4. S. 81. ff. Rasther's Anfangsgr. der Dioptrik, Götting. 1780. S. 345. ff. Karstens Anfangsgründe der mathematischen Wissenschaften, V. III. S. 316. ff. Scherffer institutiones physicae. P. II. S. 235. ff. S. 320. ff.

§. 709. Eigentlich kommen nur diejenigen parallelen Strahlen nach dem Brechen in einen Punkt zusammen, die der Achse des Glases unendlich nahe sind. Je weiter die parallelen Strahlen von der Achse einfallen, desto kürzer ist der Abstand ihres Vereinigungspunctes vom Glase. Die Entfernung dieses vom erstern Punkte heißt die Abweichung der Strahlen

len wegen der Gestalt des Glases (*Aberratio ex figura*).

§. 710. Sonst kann man die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen der erhabenen Linse, (obgleich nicht mit aller Schärfe,) auch practisch finden. 1) Man lasse die Sonnenstrahlen auf die Linse, und die darin gebrochenen auf einen andern Körper fallen, und bewege die Linse so lange gegen diesen, bis der Punct am hellleuchtendsten und kleinsten wird. Seine Entfernung von der Linse ist die Brennweite. 2) Man bedecke die eine Fläche der Linse mit einem genau darauf anschließenden Papiere, worin viele kleine runde Löcher geschnitten sind, und lasse Licht der Sonne hindurch auf eine parallel darunter gehaltene Fläche fallen. Ist diese Fläche weiter oder näher von der Linse, als die Brennweite, so entstehen so viel leuchtende Kreise, als Löcher im Papiere sind; im Brennpuncte hingegen vereinigen sie sich alle in einen Kreis. 3) Man halte die Linse gegen eine weiße Wand oder Tafel, und lasse nun einen Gegenstand, dessen Distanz die Brennweite des Glases aber wenigstens tausendmal übertreffen muß, darauf durch die Linse sich abbilden. Wenn das Bild am deutlichsten ist, so steht die Wand in der Brennweite der Linse. 4) Am besten findet man diese auch in einem dunkeln Zimmer, in welches durch die Linse das Sonnenlicht hineinfällt. Die Entfernung der Spitze des sich hier bildenden Strahlenkegels von der Linse ist die Brennweite. Die Gründe von allem diesen werden aus dem Folgenden erhellen.

§. 711. Jetzt läßt sich auch bestimmen, wie diese erhabenen Linse Bilder von den vor ihnen befindlichen Objecten machen, wenn man zugleich das erwägt, was (§. 682.) gesagt worden ist. 1) Wenn die von Einem Punkte des Gegenstandes ausgehenden und auf die Linse fallenden Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist der Brennpunct das Bild des Gegenstandes, und man kann ihn überhaupt als das Bild eines unendlich entfernten Gegenstandes ansehen. 2) Kein Bild kann dem Glase näher liegen, als der Brennpunct. 3) Wenn der Gegenstand im Brennpuncte sich befindet, so macht er gar kein Bild, oder er macht ein unendlich großes Bild, in einer unendlichen Entfernung, weil die divergirenden Strahlen dann nach dem Brechen zu parallelen werden, die nicht, oder in einer unendlichen Entfernung, zusammenlaufen. 4) Wenn aber die Strahlen von einem Objecte kommen, das noch weiter vom Glase liegt als der Brennpunct, und dessen Strahlen, die von seinen einzelnen Punkten auf die Linse fallen, als divergirende darauf kommen, so vereinigen sich die Strahlen eines jeden Punktes des Objectes wieder hinter der Linse und machen ein Bild des ganzen Gegenstandes, das aber verkehrt liegt, und weiter vom Glase entfernt ist, als die Brennweite. 5) Würde in diesem Falle an dem Orte des Bildes der Gegenstand seyn, so würde das Bild desselben da zu stehen kommen, wo der Ort des Gegenstandes selbst war. 6) Je näher das Object dem Glase kommt, desto weiter rückt das Bild vom Glase weg und wird zugleich desto größer; und es wird

wird endlich ganz verschwinden, wenn das Object in den Brennpunct des Glases kommt. 7) Endlich, wenn der Gegenstand näher nach dem Glase liegt, als der Brennpunct, so kann gar kein Bild entstehen; da die Strahlen nicht zusammenfahren, sondern divergirend bleiben.

Versuche: 1) Das Bild der Flamme eines Lichts stellt sich hinter einer concaven Linse klein und verkehrt vor, wenn die Flamme weit vom Brennpuncte der Linse entfernt ist; wird größer und entfernter, wenn die Flamme dem Brennpuncte näher kommt; verschwindet endlich gänzlich, wenn die Flamme in den Brennpunct kommt.

2) Man lasse im dunkeln Zimmer die parallelen Strahlen der Sonne auf eine erhabene Linse fallen, wo man den durch Brechung in der Linse hinter derselben sich bildenden Strahlenkegel, und den umgekehrten nach der Durchkreuzung der Strahlen wahrnehmen kann.

Die Strahlen der Sonne sind wegen der weiten Entfernung derselben von der Erde als parallel unter einander anzusehen; daher zeigt sich hinter der Glaslinse im Brennpuncte derselben das kreisrunde Bild der Sonne, der wegen der Erhöhung, die er bewirkt, zu der allgemeinen Benennung des Brennpunctes für den Vereinigungspunct der parallel einfallenden Strahlen Anlaß gegeben hat.

Ferner halte man eine erhabene Linse von mehreren Zollen Brennweite erst dicht vor's Auge, und sehe dadurch nach einem gehörig ersenktesten Gegenstande, der viel weiter vom Glase absteht, als die Brennweite; so wird man den Gegenstand dadurch erkennen; man entferne nun die Linse vom Auge, so wird der Gegenstand allmählig dem Auge verschwinden; bei noch weiterer Entfernung der Linse vom Auge aber endlich verkehrt und verkleinert wahrgenommen werden, und desto kleiner erscheinen, je weiter man die Linse vom Auge entfernt hat.

Es sey (Fig. 99.) OCB ein Object, das von der biconvexen Glaslinse ab weiter abstehe, als derselben Brennpunct F. Von dem mittlern Puncte C des Objectes geht ein Strahlenkegel nach der Linse, und die divergirenden Strahlen desselben werden zu convergirenden, vereinigen sich aber später zusammen als in der Brennweite der Linse f, wie die Brechung im §. 70b. lehrt; sie kommen in o zusammen und fahren hier wieder als divergirende aus einander. Der Vereinigungspunct in o ist das Bild vom Puncte C. Eben so werfen die Puncte O und B jeder einem Strahlenkegel nach der Linse, und die Strahlen jedes Kegels werden durch die Brechung zu convergirenden und machen ein Bild in σ und ν von den Puncten O und B.

So entsteht nun ein Bild des des ganzen Objects OCB, das aber gegen das Object verkehrt steht und der Linse näher ist, als das Object auf der andern Seite. Wenn bey des Object wäre, so wäre OCB das Bild davon seyn. — Wenn in bco eine zurückstrahlende Fläche ist, die sonst nur wenig Erleuchtung erhält, so wird das Bild bco des Gegenstandes OCB darauf wahrzunehmen seyn.

§. 712. Die Entfernung des Bildes hinter dem Glase findet man, wenn man das Product aus der Brennweite des Glases in die Entfernung des Objectes vom Glase durch die Differenz der Entfernung des Objectes von der Brennweite des Glases dividirt. Der Quotient giebt die Entfernung des Bildes. Die Entfernung des Objectes vom Glase verhält sich zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objectes zum Halbmesser des Bildes.

§. 713. Zur Erläuterung der bisher vorgetragenen Sätze von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts, der Zurückstrahlung, und besonders der Brechung in erhabenen Gläsern, und auch sonst zur Belehrung und Belustigung, dienen:

1) Die Camera obscura des Baptista Porta, wovon man die optische und dioptrische unterscheidet. Zu der letztern gehört auch die so genannte helle Kammer (Camera clara).

2. B. Portae Magiae naturalis, sive de miraculis rerum naturalium, libr. IV. Neap. 1558. Fol. Antwerp. 1576. 12. Sehr verm. in libr. XX. Neap. 1589. Fol. Amstelod. 1664. 12.

3) Kirchers Zauberlaterne (Laterna magica).

Mathes. Kircheri ars magna lucis et umbræ. Amstelæd. 1671. Fol. Gravssande Physl. elem. mathem. T. II. C. 375. ff.

3) Liebertshaus Sonnenmikroskop (*Microscopium solare*).

Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroskops, von Joh. Ernst Basili. Wiedeburg. Rürnb. 1758. 4.

4) Adams Lampenmikroskop.

Essay on the microscope, by Adams. Lond. 1787. gr. 4. S. 65. Theorie und Beschreibung des von dem jüngern Herrn Adams verbesserten Lampenmikroskops, von Herrn Schmidt; in Herrn neuem Journal der Physik, B. I. S. 297. ff.

5) Martins Sonnenmikroskop für undurchsichtige Gegenstände, wozu auch Aepinus eine Einrichtung des gewöhnlichen Sonnenmikroskops nach Liebertshaus Vorschläge beschrieben hat.

Description and use of an opaque solar microscope. Lond. 1774. 8. Adams a. a. O. S. 92. Emendatio microscopii solaris, auct. F. V. T. Aepino, in den nov. Comment. petrop. T. IX. S. 316. ff.

- 1) Die optische Camera obscura macht man gewöhnlich daraus begreiflich, daß man annimmt, esahre (Fig. 100) durch die enge Oeffnung f der Wand ab, die das dunklere Zimmer von den erleuchteten Gegenständen trennt, von jedem Punkte dieser Gegenstände, welcher der Oeffnung zugekehrt ist, ein Lichtstrahl durch das Loch, (wie von den Punkten C, E und D des Gegenstandes der Strahl Cc, Ee und Dd,) und falle auf die Wand im dunklern Zimmer, ohne daß zugleich von den benachbarten Punkten des Gegenstandes ein Lichtstrahl auf denselben Punkt dieser Wand fallen kann. Von dieser Wand gehen nun die Lichtstrahlen wieder zurück in das Auge des Zuschauers, der also auf derselben das umgekehrte Bild des Gegenstandes CKD sieht. Denn da die Strahlen sich in der Oeffnung durchkreuzen, so muß das Bild verkehrt werden. Es wird desto kleiner seyn müssen, je näher die Wand, worauf es sich abbildet, an der Oeffnung steht; desto größer, je weiter sie davon entfernt ist. Indessen ist diese Vorstellung von einzelnen Lichtstrahlen, die von den Punkten des Gegenstandes nach der Oeffnung zu gehen sollen, nicht der Natur gemäß, sondern es fahren vielmehr von den erleuchteten Punkten Strahlenketten nach der engen Oeffnung f , die ihre Spitze am strahlenden Punkte haben, und deren Grundfläche die Oeffnung f ist. Die Strahlen dieser einzelnen Lichtkegel breiten sich bey ihrem Fortgange durch die Oeffnung im Zimmer immer weiter aus, und bilden auf der Wand, von der sie aufgefangen werden, erleuchtete Kreisflächen oder elliptische Flächen, je nachdem sie senkrecht oder schief darauf fallen. Diese

Diese Flächen, die von den Regeln benachbarter strahlender Punkte des Objects herrühren, decken sich größtentheils; von jeder Fläche bleibt aber doch ein Punkt, nämlich um des Lichtkegels Achse, der das empfangene Licht reiner und minder vermischtes ins Auge divergirend zurückstrahlt, als die übrigen, von andern benachbarten Flächen mehr gedeckten, Punkte dieser Fläche. So entsteht nun durch die Zurückstrahlung von diesen Punkten der Wand die Empfindung eines Bildes des Gegenstandes. Da die Strahlenkegel sich durchkreuzen, so ist das Bild verkehrt. Je weiter von der Oeffnung im finstern Zimmer das Bild aufzufangen wird: um desto geringer ist wegen der Divergenz der Strahlen die Erleuchtung der zurückstrahlenden Punkte der Wand; um desto minder lebhaft ist also das Bild, und auch um desto mehr vergrößert. Da die weiße Wand das Licht so zurückstrahlt, wie sie es empfängt, so behalten auch die Punkte des Bildes die Farbe, welche die Strahlen des Strahlenkegels hatten, von dem das Licht des Punktes herrührt; das Auge sieht also das Bild mit den natürlichen Farben des Objects. Je größer die Oeffnung f wird, desto unbedeutlicher wird das Bild, weil sich dann desto mehr Strahlenkegel verschiedener Punkte decken, folglich jene zurückstrahlenden Punkte der Wand desto mehr das Licht vermischen mit dem Lichte anderer benachbarter strahlender Punkte dem Auge zuleiten, und also das Bild des ganzen Gegenstandes weniger rein erhalten werden kann. Indessen darf auch die Oeffnung nicht gar zu klein seyn, weil sonst wieder nicht Erleuchtung genug Statt findet, um die Netzhaut im Auge gehörig zu afficiren. Hierin ist auch der Grund zu suchen, warum man bey verengter Pupille, wenn man aus dem starken Tageslichte plötzlich ins finstere Zimmer tritt, das Bild der Wand nicht gleich sieht, sondern erst eine Zeit lang nachher, wenn durch die erfolgende Erweiterung der Pupille mehr Licht ins Auge kommen kann. Uebrigens erhellt aus dem Angeführten leicht, warum die Bilder im finstern Zimmer nie scharfe und genaue Umrisse und nie die Deutlichkeit des Gegenstandes haben, und warum sie, bey übrigens gleicher Oeffnung und gleicher Entfernung der Wand davon, desto lebhafter sind, je mehr die sich abbildenden Gegenstände erleuchtet sind.

In jedem Zimmer, vor welchem erleuchtete Gegenstände stehen, deren Punkte durch die Fenster des Zimmers Strahlenkegel auf die Wände des Zimmers werfen, würden Bild der dieser Gegenstände entstehen müssen. Da aber hier jeder Punkt der Wand nicht bloß von einem Punkte der Gegenstände, sondern auch von unzähligen andern zugleich Licht empfängt, das er wieder zurückstrahlt, so kann kein reines und unvermishtes Bild der Gegenstände erzeugt werden; wir können also keine Bilder empfinden, sondern sehen bloß die zurückstrahlenden Punkte der Wand selbst.

Wenn in die Oeffnung f der Wand des finstern Zimmers ab (Fig. 101.) eine kleine erhabene Glaslinse gesetzt wird, deren Breitenweite mehrere Fuß beträgt, so werden die die
vergil

verstreuten Strahlen der Strahlenkegel, die von den leuchtenden Punkten der Gegenstände nach der Linse zu gehen, durch die Brechung zu convergirenden; wird nun die Wand, auf der sich das Bild abmalen soll, genau in den Vereinigungspunct der Strahlen der einzelnen Strahlenkegel gestellt, so entsteht ein reineres Bild des strahlenden Punctes, und so des ganzen Gegenstandes auf der Wand in dieser dioptrischen Camera obscura, als in der vorigen optischen. Da aber bey der verschiedenen Entfernung mehrerer strahlender Punkte der Objecte, und eines und desselben Objectes, von der Linse, der Vereinigungspunct der einzelnen Strahlen, die zu einerley Strahlenkegel gehören, ungleich weit von der Linse entfernt ist; so sieht man leicht, daß man von den verschiedentlich weit entfernten Gegenständen, oder Puncten der Gegenstände, nicht gleich deutliche Bild der erhält.

Hierher gehört nun auch die tragbare Camera obscura (Camera obscura portatilis), der im Ganzen die Einrichtung des eigentlich hinkern Zimmers ähnlich ist. (R. f. *Muschenbroek introductio ad philosophiam naturae* §. 2222.)

Die Rheinthalische Camera clara ist im Grunde nichts weiter, als eine solche tragbare Camera obscura, übertrifft aber an Reichtigkeit der Abbildung und an Klarheit des Bildes die letztere sehr; ihr Unterschied ist; daß das Bild darin nochmals durch ein erhabenes Glas betrachtet wird, und das wegen der großen Deffnung der Gläser die Darstellung darin sehr licht und hell wird. Es sey (Fig. 102.) DEFGH ein hohler Kasten, der zur Verhütung des falschen Lichts inwendig schwarz gefärbt ist. In der vordern Wand DG ist ein erhaben geschliffenes Glas; in der Diagonalkammer IM steht ein Planspiegel, und in der obern Wand DF ist wieder ein erhaben geschliffenes Glas. Wenn nun die vordere Wand DG einem erleuchteten Gegenstande zugekehrt ist, der weiter davon absteht, als die Brennweite der Linse in DG beträgt; so würde er in dem Kasten hinter der Linse ein umgekehrtes Bild von sich machen, das um desto mehr verkleinert ist und desto näher gegen die Linse zu steht, je weiter der Gegenstand vom Glase entfernt ist, wie aus dem Vorigen bekannt ist. Ehe aber die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel zu einem Puncte, oder zu einem Bilde des Punctes, zusammentreffen können, fahren sie auf den Planspiegel IM, werden von diesem unter einem Winkel reflectirt, unter dem sie auffaßen, und machen ein horizontales Bild des ganzen Gegenstandes in der Verkleinerung, die der Weite des Gegenstandes und der Krümmung der Linse zugehörig ist. Da dieses Bild der obern Linse näher liegt, als ihre Brennweite beträgt, so werden die davon ausgehenden Strahlen bloß als minder merklichsende ins Auge kommen, und also nur veranlassen, daß das Bild tiefer vom Auge hinabgesetzt und unter einem größern Sehwinkel wahrgenommen wird. Je weiter der Gegenstand von der Linse in DG abdrückt; desto weiter liegt das Bild ab von der Linse in DF hinab entfernt; desto weniger

nigen, divergirend werden die Strahlen, die von dem Puncten, welche das Bild machen und nach der Sicht in DF zu gehen, nach der Brechung in derselben: sohin desto weiter scheint das Bild entfernt. Daher bilden sich Landschaften u. dergl. Gegenstände in dieser Camera clara perspectivisch ab. Gewöhnlich ist die Einrichtung so gemacht, daß die Wand DG vom Spiegel ml mehr oder weniger entfernt werden kann, wodurch das Bild eines nahen Gegenstandes, welches durch das Glas in DF betrachtet wird, mehr oder weniger vergrößert erscheint. Um das Bild in dieser Camera clara zu sehen, muß man das Auge über das Glas in FD halten. Es ist aber zu merken, daß auf dieses Glas wenig oder kein sehr starkes Licht von andern Gegenständen fallen muß, wenn man das Bild darunter gehörig deutlich sehen will; daher ist es am besten, auf DF noch einen oben offenen viereckigen, inwendig geschwärzten Kasten von Pappe oder Holz zu setzen, in den man hinab steht.

- a) Das Wesentliche der Zauberlaterne wird aus Folgendem erhellen. Im Brennpuncte F eines Hohlspiegels ab (Fig. 103.) stehe die Flamme einer Lampe. Die divergirenden Strahlen Fg, Fo, Fh werden von demselben als parallele zurückgeworfen; sie treffen bey ihrem Fortgange auf das erhabene Glas kl und werden durch dasselbe zu convergirenden Strahlen gemacht. Ehe sie aber noch in dem Brennpuncte der Linse kl zusammenlaufen, treffen sie auf die durchscheinend gemahlte Abbildung auf Glas, das in ADB steht. (Die übrigen Stellen des Glases sind undurchsichtig gemacht.) Die Strahlen gewähren solcher Gestalt der Abbildung eine starke Erleuchtung. Sie fahren convergirend auf die zweite Glaslinse mn und werden dadurch noch stärker convergirend; sie treffen in f mit der Achse zusammen, durchkreuzen sich daselbst, und gehen als divergirende auf die dritte Glaslinse op, wo sie, weil f näher liegt, als die Brennwette paralleler Strahlen ist, als minder divergirende ausfahren. Steht nun die Lampe in ein Gehäuse eingeschlossen, das bloß nach der Seite der Linsen zu offen ist, so wird in einem dunkeln Zimmer auf der weißen Wand bda ein hell erleuchteter Kreis gebildet, wenn das Gemälde AB nicht da ist, der desto größer ist, je weiter die Wand bda von der Zauberlaterne entfernt steht, der aber auch desto mehr in der Intensität seiner Erleuchtung geschwächt ist. Das letzte Glas op muß von mn mehr entfernt oder ihm mehr genähert werden können, damit die durch dasselbe hindurch fahrenden Strahlen weniger oder mehr divergirend gemacht werden können. Wird das Gemälde an seinen Ort ADB gestellt, so mahlt sich das Bild auf der Wand bda ab, und zwar umgekehrt, wegen der Durchkreuzung der Strahlen in f. Da aber eigentlich von den Puncten des erleuchteten Gemäldes in AB nicht einzelne Lichtstrahlen, sondern Strahlenbündel ausfahren, deren Strahlen durch die Brechung in op wieder zu convergiren den werden, so wird das Bild auf der Wand bda nur bei einer gewissen Entfernung derselben von der Linse op die

gehörige Deutlichkeit haben, nämlich nur abhän-; wenn die Vereinigungspunct der Strahlen einzelner Strahlen-kegel genau auf die Wand treffen. In dies nicht der Fall, so muß man die Linse op, oder die ganze Verfahrtschiff, so lange verschieben, bis das Bild die gehörige Deutlichkeit hat. Damit das Bild gerade werde, stellt man das Gemählde in AB verkehrt. Läßt man das Bild in einen aufsteigenden Rauch fallen, so scheint es einen körperlichen Raum einzunehmen und kann täuschende Erscheinungen hervorbringen.

- a) Das Sonnenmikroskop, dessen Erfinder der sel. Lieberkühn ist, ist von der Faubertierne dadurch unterschieden, daß die Erleuchtung dabei durch das ungleich stärkere Sonnenlicht erhalten wird. Es werden nämlich die Strahlen der Sonne durch einen Planspiegel auf eine in der Oeffnung des dunkeln Zimmers stehende Glaslinse senkrecht reflectirt und durch Brechung zu convergirenden gemacht; ehe sie aber noch in den Brennpunct der Linse zusammenlaufen, treffen sie in dem Rohre, worin man sie gehen läßt, auf einen kleinen durchscheinenden Gegenstand, der in einem Objectenträger gehalten wird, und gewähren ihm so eine sehr starke Erleuchtung. Die davon ausfahrenden Lichtstrahlen gehen dann wieder auf eine kleine mikroskopische Linse, die der ersten Linse etwas näher steht, als die Summe ihrer Brennweiten beträgt, damit die Strahlen als fast divergirende aus ihr herausfahren. Stellt man nun eine weiße Wand gegen über, so bildet sich das kleine Object darauf ungemein stark vergrößert ab, und zwar um desto mehr, je weiter man die Wand davon entfernt, oder je kleiner die Brennweite der mikroskopischen Linse ist. Eigentlich ist es doch nur der Schatten des Objects, der seine Umrisse bestimmt, obgleich auch die durchscheinenden Theile desselben Licht durchlassen, und daher auch im Bilde die Farbe zeigen, die sie selbst haben.

Die nähere Beschaffenheit dieser schätzbaren Vorrichtung läßt sich am besten durch die Zerlegung derselben und durch ihren Gebrauch zeigen.

§. 714. Zohlgläser (§. 705.), namentlich das Planconcavglas, das concavconcave, und convexconcave, zerstreuen die Strahlen, welche von den erhabenen Gläsern gesammelt werden (§. 707.), und heißen deswegen auch Zerstreungsgläser. 1) Parallel mit der Achse darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen divergirend, und haben eine Richtung, als wenn sie alle aus einem Puncte kämen, der auf der andern Seite des Glases liegt und der

Zer-

Zerstreungspunct (Punctum dispersionis) oder der **eingebildete Brennpunct** heißt; 2) **divergirend** dars auf fallende Strahlen werden nach dem Brechen noch mehr divergirend; und 3) **convergirend** auffallende werden entweder weniger convergirend, oder parallel, oder gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer ist.

1) Es falle (Fig. 104.) auf die biconcave Glaslinse ab der Strahl op , so wird er, weil er senkrecht auf den Flächen der Linse steht, ungebrochen nach k hindurchgehen. Mit diesem fallen die Strahlen nd und mo parallel. Sie werden auf dem Einfallspuncte der ersten Krümmung der Linse dem Einfallslothe zugelenkt, und beim Austritte aus der andern Krümmung vom Einfallslothe daselbst abgelenkt, und erhalten die Richtung nach t und l . Sie fahren also divergirend aus, so, als wenn sie, ohne die Linse, von F herkämen. Diesen Punct F nennt man daher auch den eingebildeten Brennpunct der parallelen auf die Linse fallenden Strahlen.

2) Es fallen (Fig. 105.) von dem Puncte d die divergirend ausgehenden Strahlen df , de und dg auf die biconvexe Linse ab. Der Strahl de geht ungebrochen durch nach l , da er senkrecht darauf steht; die Strahlen df und dg hingegen werden durch die doppelten Brechungen auf beiden Flächen der Linse in die Richtungen nach k und m gebracht und fahren so aus dem Glase, als ob sie von o herkämen. Da der Winkel kom größer ist, als fdg , so ist die Divergenz der Strahlen vermehrt.

3) Es fallen (Fig. 106.) die convergirenden Strahlen k , l , und m auf die Linse ab; sie werden durch die Brechung nach d zu gehen und daselbst zusammentreffen. Da nun fdg kleiner ist, als kom , so ist die Convergenz vermindert.

Wenn die convergirenden Strahlen t , k , l (Fig. 104.) nach dem imaginären Brennpuncte F der biconvexen Linse ab zu gerichtet sind, so werden sie durch die Brechung zu den parallelen dn , po , om .

Wenn endlich die convergirenden Strahlen t , k , und l (Fig. 106.) nach o , als der doppelten Brennweite der Linse ab zu gerichtet sind, so werden sie nach der Brechung so divergiren, als ob sie von der doppelten Brennweite der Linse auf der andern Seite herkämen.

* * *

Nun den Abstand des imaginären Vereinigungspunctes der von einem Gegenstande auf die Hohlgläser fallenden divergis

vergirenden oder parallelen Strahlen hinter der Linse, oder x , zu finden, dient die oben (§. 702. Anm.) hergeleitete Formel ebenfalls; wenn der Abstand des Strahlenden Punctes (d), die Halbmesser der Krümmungen der Linse (R, r), und das Brechungsverhältniß ($p : q$) gegeben ist nur mit dem Unterschiede, daß der Zähler des Bruchs das Zeichen: —, erhält, und der Vereinigungspunct also rückwärts hinter der Linse liegt.

Es ist diessinnach im Allgemeinen $x =$

$$\frac{-dqRr}{d(p-q)(R+r) - qRr} \quad \text{Für parallele Strahlen,}$$

wo $d = \infty$, wird $x = \frac{-qRr}{(p-q)(R+r)}$. 1) Ist die Glaslinse biconcav, und zwar mit gleichen Halbmessern der Krümmung, so ist für parallele Strahlen $x = \frac{-qr^2}{2r(p-q)}$; und wenn beyrn Glase $p : q = 3 : 2$ angenommen wird, so ist in diesem Falle $x = -r$. 2) Wenn die Glaslinse planconcav ist, so ist, weil dann $R = \infty$ zu setzen ist, für parallele Strahlen $x = \frac{-qr}{p-q}$; und wenn wir $p : q = 3 : 2$ nehmen, $x = -2r$. 3) Ist das Glas converconcav, so ist für parallele Strahlen $x = \frac{-qRr}{(p-q)(r-R)}$; und für das angeführte Brechungsverhältniß des Glases ist $x = \frac{-2Rr}{R-r} = \frac{-Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$.

§. 715. Da die Hohlgläser die Strahlen, welche divergirend von einem Gegenstande ausgehen (§. 714), zerstreuen, und der Punct des Bildes eines Gegenstandes nur da gesehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen sich durchschneiden (§. 682.), dieses aber in Hohlgläsern nicht geschieht; so sieht man, daß sie auch kein Bild von den Gegenständen machen können. Da sie aber aus dem Glase in einer solchen Lage aus einander fahren, daß sie rückwärts verlängert hinter dem Glase in einem Vereinigungspunct zusammenlaufen würden, so nimmt man diesen eingebildeten Vereinigungspunct Strahlen von einem Object: als das Bild des Objects

Object an. Dieses Bild ist aber nur ein mathematisches, und kein physisches Bild. Auch jedes erhabene Glas hat die Natur des Hohlglases, wenn der Gegenstand demselben näher liegt, als der Brennpunct (§. 711. n. 7.).

Verschiedene Brechbarkeit des farbigen Lichts.

Newton's Farbentheorie.

§. 716. Mit der Brechung des Lichts in durchsichtigen Mitteln von verschiedener Dichtigkeit ist noch ein anderer merkwürdiger Erfolg verbunden, nämlich die Trennung des weißen Lichtstrahls in mehrere gefärbte. Wenn man diesemnach ein dünnes Bündel weißer Sonnenstrahlen FG (Fig. 107.) durch eine kleine runde Oeffnung von ungefähr 1 Zoll im Durchmesser in ein dunkles verfinstertes Zimmer so fallen läßt, daß es von einem gläsernen horizontal gestellten dreyseitigen Prisma P aufgefangen wird, so wird der Strahl nach dem Durchgange durchs Prisma auf der vertical stehenden Wand in I kein rundes und weißes Bild der Sonne machen, wie er thun müßte, da bey der Brechung in ebenen Flächen parallele Strahlen parallel bleiben (§. 701.); sondern man sieht auf der Wand ein längliches Farbenbild (Spectrum) BC, das an den beyden Seiten durch gerade parallele Linien, oben und unten aber durch Cirkelbogen begrenzt ist, und aus folgenden über einander liegenden, in einander fließenden, und verschiedentlich gefärbten Streifen besteht; nämlich von unten nach oben zu:

roth,

roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, indigoblau, violett.

§. 717. Ehe wir zur Erklärung dieses an fruchtbaren Folgerungen so überaus reichen Phänomens übergehen, das seit Newton den Namen der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts (*Diversa refringibilitas straminum facis*) erhalten hat, wollen wir erst noch mehrere Umstände des Phänomens näher betrachten, die zur Erläuterung der Theorie des unsterblichen Erfinders und seiner darauf gebaueten Lehre von den Farben abzweden.

Optice, sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis. libri III, auct. J. Newtons, lat. redd. Sam. Clarke, Lond. 1706. 4.

§. 718. Die Breite des auf der Wand in BC (Fig. 107.) hervorgebrachten Farbenbildes ist die des weißen Kreises, der ohne das Prisma von dem Strahle Fg in I würde gebildet werden; die Länge des Bildes übertrifft die Breite etwa fünfmal. Wenn man die Länge des Farbenbildes = 1 setzt, so beträgt die Höhe des rothen farbigen Streifens $\frac{1}{4}$, des orangefarbenen $\frac{1}{8}$, des hellgelben $\frac{1}{7}$, des grünen $\frac{1}{3}$, des hellblauen $\frac{1}{2}$, des indigoblauen $\frac{1}{5}$, des violblauen $\frac{1}{3}$. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach Verhältniß dieser Räume ein, so kommen für das Rothe 45, für das Orangegelbe 27, für das Hellgelbe 48, für das Grüne 60, für das Hellblaue 60, für das Indigoblau 40, und für das Violblaue 30 Grade dieser Peripherie.

§. 719. Wenn man die durch das erstere Prisma P hindurch gehenden gefärbten Strahlen (Fig. 108.) etwa in der Entfernung von einem Fuße durch ein zweytes dreyseitiges Prisma AB, dessen Achse vertical gestellt ist, gehen läßt, so erscheint das Farbenbild auf der Wand mit denselben Dimensionen und in seiner Farbenreihe dem erstern ähnlich, aber in einer geneigten Stellung MN.

§. 720. Wenn man in dem Versuche (Fig. 107.) durchsichtige Gläser, die gleichförmig roth, oder grün, oder blau gefärbt, und auf beyden Flächen eben sind, hinter das Prisma in der Entfernung von einem Fuße in die aus demselben fahrenden gefärbten Strahlen hält, so läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt, und die durchgehenden Strahlen bilden auf der Wand einen einzigen, gleichförmig gefärbten Kreis, dessen Durchmesser die Breite des Farbenbildes hat.

§. 721. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen, die aus dem ersten Prisma SVT (Fig. 109.) herauskommen, in einer hinlänglichen Entfernung durch eine kleine Oeffnung X eines vertical gestellten Bretes PQ gehen, und, um die darüber oder darunter befindlichen andern gefärbten Strahlen desto besser abzusondern, sie noch einmal durch die eben so große Oeffnung eines andern Bretes pq treten, das mit dem erstern parallel, und etwa 10 bis 12 Fuß davon gestellt ist. Die durchgehenden Strahlen fange man mit einem zweyten Prisma stv auf, so wird der ein-

fach gefärbte Strahl auf der Wand Yy nach diesem zweyten Brechen in der Farbe ungedändert erscheinen und ein freisrundes Bild auf der Wand machen. Durch sanfte Umbrehung des erstern Prisma SVT kann man nach und nach alle einfach gefärbte Strahlen des siebenfachen Farbenbildes durch das Loch in X bringen. Wenn sie nun so alle einzeln nach und nach unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma stv gebracht worden sind, so wird man wahrnehmen, das der rothe Strahl auf der Wand Yy am niedrigsten nach Z zu, der orangefarbene etwas höher, der gelbe noch etwas höher, und so immer fort, nach der Reihe der Farben im Farbenbilde von unten auf zu liegen kommen. Der rothe Strahl wird also weniger gebrochen, als der grüne; dieser weniger, als der blaue; und der violette am stärksten. Die verschiedenen Strahlen des siebenfachen farbigen Lichts in dem Farbenbilde des Prisma haben also ein verschiedenes Brechungsverhältniß in einerley brechenden Mitteln.

Wenn wir den gemeinschaftlichen Einfallssinus bey den verschiedentlich gefärbten Strahlen des Farbenbildes = 1 setzen, so ist der Brechungssinus, wenn das Licht aus einem und demselben Glase in die Luft tritt, in dem Lichte des Farbenbildes:

für die rothen Strahlen, von der untersten Grenze des Farbenbildes bis zur Grenze des Orangegeß = 1,54 bis 1,5425;

für die orangefarbenen bis zur Grenze des Hellgeß = 1,5425 bis 1,544;

für die hellgelben bis zur Grenze des Grün = 1,544 bis 1,54667;

für die grünen bis zur Grenze des Hellblau = 1,54667 bis 1,55;

für die hellblauen bis zur Grenze des Indigoßlau = 1,55 bis 1,55333;

für

für die indigoblauen bis zur Grenze des Violett = $1,55333$
bis $1,55555$

für die violetten bis zur obersten Grenze des Farbenbildes =
 $1,55555$ bis $1,56$.

Die größte Brechbarkeit des violblauen und die kleinste des
rothen Strahls ist also gegen einander wie $1,56 : 1,54 =$
 $78 : 77$.

§. 722. Man lasse auf ein rechtwinkliges Prisma IKL (Fig. 110.) im finstern Zimmer ein Bündel Sonnenstrahlen so fallen, daß es auf die Fläche IK des Prismas fast perpendicular zu stehen kommt, so wird es durch diese Fläche ungebrochen durchgehen, aber beim Austritte aus dieser Fläche IL in M gebrochen werden und ein Farbenbild QRS auf der verticalen Wand NN machen. Man drehe nun das Prisma IKL von I nach K allmählig um seine Achse, während man noch ein anderes Prisma in VTX gestellt hat, dessen zwey breitere Flächen einen Winkel von etwa 55 Grad mit einander machen. So wie jetzt durch die Umdrehung des Prismas IKL der Strahl gegen die Fläche IL unter einem Winkel von 50 Gr. zu fallen anfängt, so wird, wie schon oben (§. 699.) bemerkt worden ist, ein Theil des Lichts durch M nicht mehr hindurchgehen, sondern die Brechung wird sich in Zurückstrahlung verwandeln, und es wird endlich alles Licht reflectirt werden, so wie der Winkel kleiner wird. Bei dieser allmählichen Abnahme des Winkels durch die Umdrehung des Prismas fängt nun ein Theil Licht an, nach O zu reflectirt zu werden; wird es nun hier von einem andern Prisma gebrochen, so bildet sich auf der Wand PQ ein Farbenbild, und zwar zuerst ein violblaues in q, hernach auch noch das andere

Blau daneben, dann ein grünes in r , u. s. w., fort, bis zuletzt auch das Roth in s dazu kommt, so wie man fortfährt, das Prisma IKL allmählig von I nach K umzudrehen. So wie aber die blau gefärbten Strahlen in q zum Vorscheine kommen, so fangen sie an, dem ersten Bilde in Q zu mangeln; und die Farbe, die in Q zuerst verschwindet, erscheint zuerst in q , u. s. f. Ein Beweis, daß unter den angeführten Umständen die blauen Strahlen eher reflectirt werden, als die grünen; diese eher, als die rothen; oder daß die brechbarsten Strahlen auch am leichtesten in M reflectirt werden.

§. 723. Man lasse einen Strahlencylinder durch eine runde Oeffnung in das finstere Zimmer in horizontaler Richtung treten; man lasse ihn in der Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Oeffnung auf eine vertical stehende erhabene Glaslinse LL (Fig. 111.), deren Brennweite 4 bis 5 Fuß beträgt, fallen, und die durchgehenden Strahlen nun durch das nahe dahinter gestellte Prisma CD brechen. Wenn man nun das Farbenbild ef in der Brennweite der Linse auffängt, so sieht man es länglich und schmal, und die Farben viel deutlicher, als ohne die Linse LL geschehen würde. Der Strahlencylinder würde ohne die Linse und ohne das Prisma auf der Wand den weiß leuchtenden Kreis $abcd$ bilden; durch die Linse allein, ohne das Prisma, würden die Strahlen zu convergirenden werden, und also einen kleinen Kreis machen, dessen Centrum mit dem des vorigen einerley bliebe. Durch das Prisma wird der convergirende Strahlenkegel des weißen Lichts
in

in so viele kleinere gespalten, als verschiedene Arten des Lichts von verschiedener Brechbarkeit, (das sind eigentlich unzählige,) in dem weißen Lichte enthalten sind; und es zeigen sich auf der Wand die Durchschnitte dieser einzelnen Regel des verschiedentlich gefärbten Lichts, worin folglich nun jede Art der Farbe in einen kleinern Kreis verengert ist. Weil ferner die Mittelpunkte dieser kleinen Kreise verhältnismäßig eben so weit von einander abstehen, als die der größern in einander fließenden des Farbenbildes EF, das ohne die Linse LL erhalten werden kann, so erscheint die Farbe lebhafter und reiner, als die Farbe der einzelnen Streifen im gewöhnlichen Farbenbilde EF. Indessen muß man nicht erwarten, daß in diesem Falle die Kreise wirklich von einander getrennt und abgesondert gesehen werden.

§. 724. Wenn man im finstern Zimmer die aus dem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen alle durch eine convexe Linse auffängt, so hat man im Brennpunkte derselben wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne, das man mit einem weißen Papiere auffangen kann. Hält man dieses näher nach der Linse zu, so erscheint das vorige gefärbte Bild wieder, nur mehr verengert, und in der vorigen Ordnung der Farben. Fängt man aber die Strahlen in einer größern Entfernung, als die Brennweite beträgt, das durch auf, so ist auch das gefärbte Bild wieder da; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, wegen der Durchkreuzung der Strahlen im Brennpunkte, und

und das Bild ist desto größer, je weiter man das Papier entfernt.

§. 725. Wenn man einzelne Bündel der sieben gefärbten Lichtstrahlen nach §. 721. durch eine convexe Linse auffängt, so ist das Bild davon im Brennpuncte der Linse zirkelförmig, und hat dieselbe Farbe, als das darauf fallende gefärbte Licht. Die Brennweite der rothen Strahlen ist aber länger, als die der übrigen; die der blauen Strahlen am kürzesten, nach Verhältniß ihrer verschiedenen Brechbarkeit (§. 721. Anm.).

§. 726. Wenn man den durch eine runde Oeffnung in ein frästeres Zimmer fallenden Strahlencylinder in horizontaler Richtung mit einem gläsernen Kegelmuff auffängt, dergestalt, daß die Spitze des Kegels den Strahlen zugekehrt ist; so zeigt sich auf der dahinter stehenden verticalen Wand ein schöner Kreis von den sieben Farben des Prisma, dessen Durchmesser immer größer wird, je weiter man die Wand vom Kegel entfernt, so wie dann auch die Breite der farbigen Flächen zunimmt. Die rothe Farbe liegt nach innen, die violette nach außen. Hält man die Grundfläche des Kegels gegen den einfallenden Strahl, so zeigt sich diese Erscheinung nicht.

Es sey (Fig. 112.) ABC ein gläserner Kegel im Durchschnitte, auf welchen der Strahlencylinder DdEs fällt. Der Strahl SA, der auf des Kegels Spitze A trifft, geht ungebrochen durch nach I, da er des Kegels Achse ist. Die Strahlen, die oberhalb SA liegen, werden nach unten zu, und die unterhalb SA kommen, nach oben zu durch den Kegel gebrochen. Es wird nämlich der Strahl Dd erst in d dem Einfallslothe ih zugelenkt, und beim Ausgange auf der Grundfläche BC vom Einfallslothe mn abgelenkt. Da nun die violetten Strahlen stärker brechbar sind, als die rothen, so wird auch diesemnach das violette Licht mehr als das rothe nach unten zu unter die Achse des Kegels abgelenkt.

lenkt worden. Der Strahl Ea , der unterhalb der Achse SA des Kegels auffällt, wird in a erst dem Einfallslothe fg zugeleitet, und beim Ausgange aus des Kegels Grundfläche BC vom Einfallslothe kl abgelenkt; und weil die violetten Strahlen brechbarer sind, als die rothen, so kommen die erstern weiter von der Achse des Kegels Al hinauswärts, als die letztern. — So liegen also in dem ganzen buntem Kreise, der sich bildet, die violetten nach außen, die rothen nach innen, und die andern verhältnismäßig dazwischen.

Wenn hingegen (Fig. 183.) der Strahlencylinder DSE gegen des Kegels Grundfläche BC fällt, so entsteht kein farbiger Kreis. Der mittlere Strahl S geht ungebrochen durch die Spitze des Kegels, da er dessen Achse ist. Der Strahl D steht auch auf der Grundfläche BC senkrecht; er geht also ungebrochen ins Glas; da er aber auf der Fläche BA so schief steht, daß beim Ausgange aus dieser Fläche in f in die Luft der Brechungswinkel größer werden würde, als der Sinus totus, so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung (§. 699.); er geht also nach der Fläche CA aus, wo er ungebrochen durchgehen muß, da er senkrecht oder nahe senkrecht darauf ist. So ist es mit allen über und unter der Achse SA auf die Fläche BC senkrecht fallenden Strahlen.

§. 727. Aus der verschiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen (§. 721.) folgt auch, daß in den verschiedentlichen Linsen die einfachen Strahlen des weißen Lichts, die von einerley Punct kommen, nach den Brechungen nicht in einerley Vereinigungspunct zusammenlaufen, sondern daß es vielmehr für jedes einfache Licht einen eignen Vereinigungspunct gebe; daß sie folglich auch so viele Bilder machen, als einfache Arten des Lichts in dem weißen enthalten sind. Es decken sich zwar diese verschiedenen Bilder größten Theils, doch nicht vollkommen, und daher sieht man einen violetten und blauen Rand um die Bilder, die durch erhabene Linsen in dioptrischen Werkzeugen gebildet werden. Es folgt hieraus eine andere Art von Unvollkommenheit (§. 709.) der dioptrischen Werkzeuge, welche man die Abweichung der Strahlen

len wegen der Farben (Aberratio ob diversam refrangibilitatem) nennt.

§. 728. Die Darstellung der gefärbten Strahlen aus weißem lichte geschieht nicht allein durch Glas, sondern durch jeden durchsichtigen Körper, dessen Flächen brechende Winkel bilden. Nicht allein das Sonnenlicht, sondern jedes andere licht brennender Körper erleidet im Prisma die erwähnte Brechbarkeit und Absonderung in einfache Farben.

§. 729. Aus diesen bisher vorgetragenen Erfahrungssätzen (§. 716 — 728.) folgt nun nach Newton, daß das weiße licht aus verschiedenen Gattungen des einfachen lichts vermischt bestehe, die eine verschiedene Brechbarkeit (Refrangibilitas) besitzen, deren Verhältniß im §. 721. angegeben worden ist; und die eben aus dieser Ursache, wenn sie in der Vermischung, als weißes licht, gleichen Einfallswinkel in der brechenden Fläche hatten, nicht gleichen Brechungswinkel haben können, folglich nun von einander abgesondert werden müssen und die ihnen eigenthümliche Farbe zeigen. Von dieser Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des farbigen lichts, die zusammen das Weiße ausmachen, rührt es nun her, daß das Farbenbild (§. 718.) länglich wird. Denn wenn man gleich gewöhnlich nur die erwähnten sieben Gattungen des farbigen lichts annimmt, so giebt es doch eigentlich in jeder Art unzählige Verschiedenheiten der Brechbarkeit, die zwischen der größten und kleinsten Brechbarkeit inne liegen.

Wenn

Wenn wir also erst auf diejenigen der sieben Gattungen des farbigen Lichts Rücksicht nehmen, die die größte Brechbarkeit besitzen, nämlich die äußersten violetten, so würden sie in der angeführten Erfahrung für sich allein ein kreisrundes Bild der Sonne auf der weißen Wand machen müssen, wenn das Prisma die gehörige Stellung hat. Kommen nun hierzu noch die zunächst darauf folgenden minder brechbaren violetten, so würden auch diese einen violetten Kreis bilden, der das Bild der Sonne ist, dessen Mittelpunkt aber mit dem des vorigen nahe zusammenfällt. So geht es nun fort, durch alle unzählige Gattungen des violetten Lichts bis zu den am meisten brechbaren Gattungen der indigoblauen Strahlen, und so weiter bis herab zu den am wenigsten brechbaren rothen. Es entstehen also lauter in einander fließende Kreise der unzählig verschiedenen Arten des farbigen Lichts, wovon wir freilich nur sieben verschiedene Gattungen des Lichts, nach der Beschränktheit unsrer subjectiven Einrichtung, unterscheiden können, bey denen wir aber doch wahrnehmen, daß keine scharfe Grenzlinie diese sieben verschiedenen Gattungen von einander absondert. So wird es nun einleuchtend, warum das Farbenbild zur Seite durch parallele gerade Linien, oben und unten aber durch Zirkelbogen begrenzt ist. Die längliche Gestalt des Farbenbildes ist also bloß Folge der verschiedenen Brechbarkeit, und die Erfahrung im §. 719. bestätigt es vollkommen. Denn wenn sie nur von der bloßen Distraction des Lichts herrührte, so müßte die zweyte Brechung (Fig. 108.) es nachher
auch

auch in der Breite ausdehnen, und dann müßte das neue Farbenbild die Figur des Quadrats $MmNn$ haben, was nicht ist. Die Erfahrungen des §. 720. — 723., 725. und 726. setzen es endlich außer allen Zweifel, daß aus dem weißen Lichte verschiedene Gattungen farbigen Lichts entspringen können, die eine verschiedene Brechbarkeit besitzen; und der Versuch im §. 721. beweiset nun noch insbesondere, daß die verschiedenen einzelnen Gattungen des farbigen Lichts die ihm zukommende Brechbarkeit eigenthümlich haben, und daß ihre Farbe unveränderlich und von ihnen unzertrennlich ist. Die Entdeckungen dieser Thatfachen durch die angeführten analytischen Untersuchungen bestätigte Newton durch synthetische Versuche, dergleichen der §. 724. enthält; und verschaffte so seiner unsterblichen Theorie denjenigen Grad von Evidenz, der bey Gegenständen der Erfahrung nur zu erreichen möglich ist.

Newton's oben (§. 717.) angeführtes Werk; ingl. desselben *Lectiones opticae*, in seinen *opuscul. mathematica., philo- soph. et philolog.* T. II. *Lausannae et Genev.* 1746. 4. S. 73. ff.

§. 730. Ungeachtet also zwar eigentlich unzählige Gattungen des verschiedentlich brechbaren gefärbten Lichts in dem weißen Lichte enthalten sind, so können wir doch, weil wir sieben Gattungen daran unterscheiden, nämlich Roth, Orangegelb, Zellgelb, Grün, Zellblau, Indigoblau und Violett, diese mit Recht als sieben verschiedene Gattungen des einfachen Lichts ansehen, wobei wir aber in jeder Gat-
tung

tung allmähliche Abstufungen von den am mehresten bis zu den am wenigsten brechbaren dieser Gattung annehmen müssen.

§. 731. Da die einzelnen Strahlen dieser sieben Gattungen des Lichts durch wiederholte Brechungen oder Zurückstrahlungen (§. 721.) nicht in der Farbe geändert, und in Licht von andern Farben zerstreuet oder zertheilt werden, so müssen wir sie für einfach anerkennen. Solches Licht, dessen Farbe durchs Brechen nicht weiter veränderlich ist, heißt **homogenes Licht**; und solches, das durchs Brechen verschiedentlich gefärbte Strahlen zeigt, **heterogenes Licht**. Dieses heterogene Licht kann dem homogenen Licht in der Farbe ähnlich seyn, aber die damit veranstaltete Brechung durch ein Prisma zeigt die Zusammensetzung im erstern, und die Einfachheit im letztern bald. Solche Täuschungen haben mehrere vergebliche Widersprüche gegen Newtons Theorie veranlaßt. Die Versuche, welche Hr. Wünsch neulich mitgetheilt hat, verdienen indessen die Aufmerksamkeit der Physiker und die genaue Wiederholung um so mehr, da sie Newtons Farbenlehre nur einfacher machen, nicht aber seiner Theorie von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts widersprechen. Nach Hrn. Wünsch sind nämlich nur drei Gattungen des farbigen Lichts im Farbenbilde **einfach**, nämlich **Roth**, **Grün** und **Violett**, hingegen das **Orange**gelb, **Gelb**, **Hellblau** und **Indigoblau** zusammengesetzt: das **Orange**gelb aus dem lebhaftesten rothen und dem schwachen grünen Licht; das **Gelb** aus dem lebhaftesten rothen und

und dem lebhaftesten grünen; das Hellblau aus dem gesättigten grünen und dem gesättigten violetten; und das Indigoblau aus dem schwachen grünen und dem gesättigten violetten lichte.

Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, angestellt und beschrieben von Christ. Ernst Wansch. Leipz. 1792. 8.

Man hat insbesondere gezeigelt, ob die grüne Farbe des Farbenbildes von homogenem Lichte herrühre, oder einfach sey, da man auch durch Vermischung des blauen und gelben Lichts ein grünes Farbenbild erhalten könne. Es fallen z. B. (Fig. 114.) in ein dunkleres Zimmer auf die beyden über einander stehenden Prismen G und g zwey verschiedene Strahlensylinder des weißen Lichts S und s, und zwar sey bey dem einen Prisma G der brechende Winkel oben, bey dem andern g unten. In den aus dem Prisma G fahrenden abgesonderten farbigen Strahlen liegt aus leicht zu erachtenden Ursachen der rothe Strahl oben, der violette unten; im untern Prisma g ist es umgekehrt. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen dieser beyden Prismen durch die beyden Oeffnungen C und D von etwa 1 Zoll Durchmesser in dem verticalen Brete AB, das in hies längerlicher Entfernung von den Prismen gestellt wird, gehen, und bey ihrer Vereinigung auf die bewegliche Wand EE in F auffallen. Durch sanfte Umdrehung der Prismen um ihre Achse kann man so nach und nach alle Arten des homogenen Lichts mit einander zusammenfallen lassen. Man wird wahrnehmen, daß aus dem gelben Lichte des einen, und dem blauen des andern Prisma ein grünes Farbenbild hervorgebracht wird. Allein wenn man dieses heterogene Grün mit einem andern Prisma betrachtet, so findet man es in seine Grundfarben wieder aufgelöst, welches bey dem homogenen Farbenbilde dieser Art nicht geschieht.

So behaupteten auch Mariotte und Bizzetti, durch ähnliche Linsungen verleitet, daß das homogene grüne Licht des Prisma durch wiederholtes Brechen geändert werde. Es sind nämlich bey der Anstellung dieser Versuche aemane Vorsichtsregeln nöthig, deren Vernachlässigung leicht eine Quelle zu Fehlschlüssen und Irrthümern werden kann. Wenn nämlich das Zimmer nicht durchaus verfinstert ist, und von irgend wo her zusammengesetztes Licht mit durchs Prisma gehen kann, so kann es freylich geschehen, daß das Farbenbild des einfachen Lichts noch anders gefärbt werden hat.

§. 732. Die Ursache der Verschiedenheit der Brechbarkeit der unterschiedenen Gattungen des einfachen

fachen Lichts liegt nun wohl ohne Zweifel in der ungleichen Anziehung des brechenden Körpers gegen diese Gattungen des einfachen Lichts, und läßt sich aus dem, was oben (§. 698. Anm.) von der Ursach der Brechbarkeit überhaupt angeführt ist, erklären. Die Ursach aber, warum diese oder jene Gattung des Lichts im Auge diejenige Empfindung bewirkt, mit der die Vorstellung dieser oder jener Lichtfarbe verknüpft ist, macht keinen Gegenstand unserer Erfahrungskennntniß aus, und also läßt sich auch davon nichts weiter sagen.

Muschenbroek a. a. O. §. 1813.

§. 733. Die Fähigkeit eines brechenden Mittels, die verschiedenen Gattungen des farbigen Lichts bey der Brechung von einander abzusondern, steht übrigens nicht im Verhältnisse mit seiner Brechkraft. So kann also die farbenzerstreuende Kraft eines Mittels geringer seyn, obgleich die Brechkraft desselben größer ist, als in einem andern; und so kann auch die Verkürzung des Brechungssinus z. B. bey rothen Strahlen zu der Verkürzung desselben bey violetten Strahlen in verschiedenen brechenden Mitteln in verschiedenem Verhältnisse stehen.

Auf diesen Satz, den Newton noch nicht kannte, gründet sich die Möglichkeit der achromatischen Fernrohre.

§. 734. Wir können nun aus dem bisher Vorgetragenen Anwendungen zur Erklärung der Farben (Colores) machen, welche die Körper zeigen. Wenn das Sonnenlicht nur aus einerley Gattung des homogenen Lichts bestünde, so würde nur einerley Farbe

in der Welt seyn. Die Verschiedenheit der Farben, welche die leuchtenden oder erleuchteten Körper zeigen, rührt folglich daher, daß sie Strahlen einer oder mehrerer Gattungen ausströmen oder zurückwerfen, die in unsern Augen besondere Empfindungen hervorbringen, mit welchen die Vorstellung der verschiedenen Farben verknüpft ist.

§. 735. Die weiße Farbe entsteht also, wenn ein Körper die weißen Lichtstrahlen unzersezt oder auch Licht von allen Gattungen in gehörigem Verhältnisse, in unser Auge schickt, und sie ist also eine Vermischung aller Grundfarben im gehörigen Verhältnisse; ein Körper erscheint roth, orange, grün, u. s. w., wenn er nur rothes, orangefarbenes, grünes Licht auf unser Auge sendet. Schwarz ist die Abwesenheit alles Lichts und aller Farben, und das absolute Schwarz entsteht, wenn ein Körper gar kein Licht in unser Auge sendet.

Versuch: Eine Scheibe, die nach dem oben (§. 712.) angeführten Verhältnisse der Größe der einfachen Farbenbilder des Prisma in sieben Sektoren getheilt ist, die mit den in der Farbe correspondirenden Pigmenten bemahlt worden sind, erscheint bey einem schnellen Umlaufe weiß.

Ein anderes Verhältniß der Farben gegen einander giebt bey dem schnellen Umdrehen der Scheibe eigene Farben.

§. 736. Körper von allerley Farben, durch gefärbte durchsichtige Gläser allerley Art betrachtet, erscheinen dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, das das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Die Fehlschlüsse, zu welchen sich gegen diesen Satz Hr. Monge

Monge durch optische Täuschungen verleiten ließ, hat Hr. Le Gentil gut gezeigt.

Monge über einige Phänomene des Sehens, in Grens Journ. der Phys. B. II. S. 142. Ueber die Farbe, welche roth und gelb gefärbte Gegenstände zeigen, wenn man sie durch rothe und gelbe Gläser betrachtet, von Hrn. Le Gentil, in Grens Journ. der Phys. B. VI. S. 165.

§. 737. Erleuchtete Körper durchs Prisma betrachtet, zeigen an ihren Rändern, wo Helligkeit und Dunkelheit, Licht und Schatten, mehrere oder schwächere Erleuchtung, an einander grenzen, farbige Säume. Hr. von Goethe hat die mannigfaltigen Abwechselungen der Phänomene, die hierbey Statt finden, gesammelt und beschrieben; hier genügt es, nur einige der hauptsächlichsten Erscheinungen dieser Art anzuführen, da sich die übrigen alle darauf beziehen.

- 1) Weiße, einfärbige, und schwarze Flächen, wenn sie durchaus gleichförmig und einfärbig sind, zeigen durchs Prisma keine Farben; aber diese zeigen sich an allen Rändern.
- 2) Ein weißer Streifen auf schwarzem Grunde erscheint, wenn der brechende Winkel des Prismas nach unten zugekehrt, und der Streifen der Länge nach vor dem Auge ist, oben mit einem rothen und gelben, und unten mit einem hellblauen und violetten Saume; die beyden letztern strahlen ins Schwarz hinein.
- 3) Wenn der weiße Streifen nicht zu breit ist, und der Quere nach vor dem Prisma, - oder parallel mit der Achse desselben steht, so erscheint

er

er mit einem rothen, gelben, hellblauen und violetten Streifen ganz bedeckt; und wenn er weit genug vom Prisma entfernt ist, so ist auch noch ein grüner Streifen in der Mitte zwischen dem gelben und hellblauen, oder der gelbe Streifen wird ganz zu einem grünen.

- 4) Wenn ein schwarzer Streifen auf einem weißen Grunde durch ein Prisma so betrachtet wird, daß der brechende Winkel des Prisma nach unten zu gerichtet ist, so zeigen sich die vorigen Erscheinungen umgekehrt. Es ist nämlich der schwarze Streifen oben mit einem hellblauen und violetten, und unten mit einem gelben und rothen Saume umgeben. Die letztern strahlen in die weiße Grenze hinein.
- 5) Wird dieser schwarze Streifen auf weißem Grunde parallel mit der Achse des Prisma gelegt, so erscheint er, durchs Prisma betrachtet, mit farbigen Streifen ganz bedeckt, nämlich mit einem hellblauen, violetten, rothen, und gelben. Ist er hinlänglich weit vom Prisma entfernt, so wird die hochrothe Farbe pfirsichblüthroth.
- 6) Wenn der brechende Winkel des Prisma, durch den man sieht, nach oben zu gerichtet ist, so werden sich alle vorgenannte Phänomene (1 — 5) umgekehrt zeigen, so daß z. B. im erstern Falle der weiße Streifen auf schwarzem Grunde oben mit einem violetten und hellblauen, und unten mit einem gelben und rothen Saume umgeben ist, u. s. w.

Die

Die Erklärung dieser und ähnlicher Phänomene folgt aus den bisherigen Sätzen der Newtonischen Theorie des Lichts und der Farben leicht, wie ich anderswo gezeigt habe.

J. W. von Goethe Beiträge zur Optik. Weimar. kl. 8. Erstes Stück 1791. Zwentes St 1792.

In Ansehung der umständlichen Erklärung dieser Phänomene, die an sich leicht ist, wobei man aber viel Worte machen muß, wenn man sie Anfängern deutlich genug vortragen will, verweise ich auf einen Aufsatz von mir: Einige Bemerkungen über Hrn. von Goethes Beiträge zur Optik; im Journal der Phys. B. VII. S. 3. ff.

§. 738. Sonst beweisen diese Erfahrungen über die farbigen Ränder, mit denen die Körper umgeben erscheinen, wenn man sie durchs Prisma betrachtet, daß nicht nur das Licht leuchtender Körper, sondern auch das, durch welches uns die erleuchteten sichtbar sind, aus verschiedenen Arten des homogenen Lichts zusammengesetzt sey, und daß auch diejenigen Körper, die dem bloßen Auge von einer bestimmten Farbe erscheinen, doch noch außer dem Lichte von dieser bestimmten Farbe mehr oder weniger weißes Licht zugleich ausströmen.

§. 739. Die unzählige Verschiedenheit der Farben, die wir an den mannigfaltigen Körpern der Natur wahrnehmen, rührt daher, daß dieselben nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, sondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältnissen mit einander verbunden seyn können, in das Auge schicken. So entstehen alsdann die vermischten oder zusammengesetzten Farben, und vielleicht ist kein Körper in der Natur, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückstrahlt.

§. 740. Um zu erklären, wie es zugeht, daß ein Körper eine gewisse Farbe zeigt, müssen wir festlich annehmen, daß die verschiedentlichen Materien in der Natur eine Kraft haben, gewisse Gattungen des homogenen Lichts mehr zu binden, zu fixiren, und ihre Expansivkraft untätig zu machen, als andere Gattungen, wodurch dann diese letztern nur allein wieder zurückzustrahlen vermögend sind, und durch die mannigfaltigen Verhältnisse, in denen sie vermischt seyn können, die Mannigfaltigkeit der Farben und ihre Nuancen hervorbringen. So würde also z. B. ein Körper grün aussehen, wenn er entweder nur das grüne Licht, das im weißen enthalten ist, zurückstrahlte, alle andere Gattungen aber, woraus das letztere besteht, einsaugte und fixirte; oder auch, wenn er gelbes und violettes Licht zugleich reflectirte, die übrigen Gattungen des homogenen Lichts hingegen bände. Schwarz wäre der Körper, der alle Gattungen des Lichts einsaugte; weiß, der alle Gattungen im weißen Lichte reflectirte. Ich werde auf diesen Gegenstand nachher wieder zurückkommen.

§. 741. Wenn ein Körper durch die Theilchen auf seiner Oberfläche das von ihm zurückstrahlende heterogene Licht zu gleicher Zeit auch bricht, so erscheint er in verschiedenen Stellungen gegen das Auge von verschiedenen Farben.

Hierher gehören der Schillertafent, die schillernden Papillons, die Federn am Halse der Tauben, die Pfauen- und Papageyenfedern. Alle Körper zeigen überhaupt, wenn man ihre Fläche im Sonnenscheine genau betrachtet, bunte Farben, selbst die polirten Metalle nicht ausgenommen.

§. 742. Wenn ein durchsichtiger Körper andere Strahlen reflectirt, als er durchläßt, so erscheint er auch beim reflectirten Lichte anders, als beim gebrochenen.

Die frische Tinctur des Nierenholzes (*Tinctura ligni nephritici*) steht hinter dem Lichte blaßgelb, vor dem Lichte gelbroth aus. — Die Luft der Atmosphäre läßt zwar das meiste weiße Licht hindurch, reflectirt aber doch auch zugleich blaues Licht, und steht eben deswegen in diesem reflectirten Lichte blau aus.

§. 743. Wenn mit der Veränderung der Mischung eines Körpers auch die Anziehung seiner Theilchen gegen gewisse Gattungen des Lichts geändert wird, so muß auch wohl seine Farbe geändert werden.

Hierauf gründen sich unzählige Farbenveränderungen, welche die Chemie hervorbringen kann. Z. B.:

Die klare und ungefärbte Auflösung des Eisenvitriols im Wasser wird durch wenig Gallapfelctinctur violett, durch mehrere davon schwarz. Die Farbe verschwindet durch zugesetzte Säure.

Eben diese Auflösung wird durch Blattsäure sogleich schön blau.

Die Auflösung des Kupfervitriols im Wasser wird durch Ammoniak sogleich schön blau, durch feuerbeständiges grün.

Blaue Lackmactinctur wird durch Säure sogleich rubinroth; durch Laugeusalze wieder blau. Violetsyrup durch die erstere carmoisin, durch letztere grün.

Roths Mannactinctur wird durch Alkalien blau.

Die klare und ungefärbte Auflösung der Goldsolution im Wasser wird durch ungefärbte Zinnlösung schön purpur.

Die ungefärbte Auflösung des ächten Quecksilbersublimats wird durch Kaltwasser orangefarben.

Rauchender Salpetergeist von einer dunkelgelben Farbe wird durch Wasser erst grün, dann blau, dann ungefärbt.

Roths Fernambuctinctur wird durch Laugeusalze sogleich violett, durch Säure hochroth.

Gelbe Curcumactinctur wird durch Laugeusalze sogleich braun. Ferner gehören hierher die verschiedenen sympathetischen Tincturen.

§. 744. Ein sehr merkwürdiges Phänomen sind die gefärbten Schatten. Wenn man des Morgens

beym Anbruche des Tages in einem Zimmer durch irgend einen Körper, z. B. den Finger, den Schatten einer brennenden Kerze auf ein weißes Papier so fallen läßt, daß zu gleicher Zeit auch von demselben ein Schatten von dem Tageslichte auf das Papier geworfen wird, so wird man den erstern Schatten, welcher dem Kerzenlichte zugehört und vom Tageslichte erleuchtet wird, bey genauerer Aufmerksamkeit darauf hellblau finden, während der Schatten des Tageslichts, der vom Kerzenlichte Erleuchtung erhält, ein gelbliches Teint hat. In einem finstern Zimmer, in welches das Licht des Tages durch eine Oeffnung tritt, läßt sich die Erscheinung noch lebhafter machen. Es zeigen sich ferner Abänderungen des blauen Schattens, wenn man den gelben durch gelb gefärbte Gläser heller oder dunkler macht, oder ihm verschiedene Abänderungen giebt. Im finstern Zimmer sind die Schatten, die von einem und demselbigen Körper auf eine weiße Fläche durch zwey Lichtflammen geworfen werden, ungefärbt; wenn man aber den einen dadurch gelb färbt, daß man das auf ihn fallende Licht durch ein dunkelgelb gefärbtes Glas gehen läßt, so wird der andere blau. Man kann so mannigfaltige Abänderungen der Farbe in dem einen Schatten hervorbringen, während man bloß den andern durch gefärbte Gläser sich anders färben läßt; und man erhält diese Abänderungen auch ohne Gläser im finstern Zimmer, in welches Tageslicht fällt, durch das Kerzenlicht, wenn vorüberziehende Wolken Abwechselungen des Tageslichts zuwege bringen. Entsteht hier:

hierbey die Farbe des einen Schattens, nämlich des Blauen, nicht bloß durch Contrast? Wenigstens kann man wohl daraus schließen, daß den Augen in Hinsicht auf Gegenwart oder Abwesenheit von Farben nicht immer zu glauben ist.

Nachricht von einigen Versuchen über die gefärbten Schatten, vom Herrn Generallientenant Benjam. Thompson, Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. der Phys. B. II. S. 58. ff.

§. 745. Die Durchsichtigkeit eines Körpers hängt nicht allein davon ab, daß er Licht in der gehörigen Menge, sondern daß er es auch merklich in gerader Linie durchläßt. So können zwey sehr durchsichtige Substanzen, die beyde das Licht sehr verschieden brechen, undurchsichtig werden, wenn man sie mit einander vermengt.

Wasser in Schaum vertheilt, wird undurchsichtig.

Geschmolzenes Wachs und geschmolzener Holz werden durchsichtig.

Viele Glastafeln über einander gelegt, sind wenig durchsichtig, werden aber durch dazwischen gegossenes Wasser durchsichtig.

Klares Glas wird durchs zerstoßen zu einem Pulver undurchsichtig.

Papier mit Oehl getränkt wird durchsichtiger.

Undurchsichtige metallische Kalke und Erden werden durchs Schmelzen durchsichtiger.

Der Hydrophan und Pyrophan.

§. 746. Weil nun hierbey heterogenes Licht von einander durch Brechung abgesondert, und einige Arten des gefärbten Lichts eher reflectirt werden können, als andere, so können dadurch auch Farbenerscheinungen entstehen, wie z. B. wenn man zwey biconvexe Glaslinsen von langen Brennweiten auf einander legt. Wenn aber bey den Brechungen in verschied-

verschiedenen Mitteln das Licht bey dem Austritte eben dieselbe Richtung wieder bekommt, die es bey dem Eintritte in das brechende Mittel hatte, so wird es nicht in farbige Strahlen zertheilt.

Muschenbroek a. a. O. §. 1831. ff.

Beugung des Lichts.

§. 747. Außer der Reflexion, Refraction und verschiedenen Brechbarkeit des Lichts hat man noch eine andere Eigenschaft desselben wahrgenommen, die man die *Beugung* (*Inflexio*, *DiffRACTio lucis*) nennt. Grimaldi hat zuerst davon geredet, Newton aber hat das Phänomen näher bestimmt, doch aber auch die Untersuchung darüber nicht vollendet. Als er einem dünnen Sonnenstrahle, der im finstern Zimmer durch die feine Oeffnung ging, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{42}$ eines Zolles betrug, einen dünnen opaken Körper, z. B. ein Haar oder einen feinen Draht, entgegen hielt, so fand er den auf ein weißes Papier davon geworfenen Schatten breiter, als er bey dem geraden Fortgange des Lichts hätte seyn können, und zu gleicher Zeit an jeder Seite des Schattens drey gefärbte parallele Säume, wovon der, welcher den Schatten zunächst begrenzte, breiter war; als der zweyte, und von diesem wieder durch einen Schatten getrennt wurde; bey der gehörigen Entfernung des Papiers war der zweyte Saum von einem dritten durch einen dazwischen liegenden Schatten zu unterscheiden; bey zu großer Nähe des Papiers flossen die beyden äußersten Säume auf jeder Seite in einander.

Noch

Noch deutlicher wurden diese Säume, wenn er den Lichtstrahl zwischen zwey, nur $\frac{1}{2}$ eines Zolles von einander abstehenden, Messerschneiden durchgehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen sollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt und in zwey Theile getheilt, und ließ zwischen sich einen Schatten, der desto breiter war, je näher er die Schneiden zusammenrückte. Er bemerkte dabey auch auf jeder Seite des Schattens in der Mitte drey farbige Säume, die wieder durch Zwischenschatten von einander getrennt waren. Der Rand des erstern Saums an der Grenze des Schattens war violett, dann bemerkte man eine hellblaue, eine grüne, eine gelbe und eine rothe Farbe, die diesen ersten Saum auf der andern Seite begrenzte. Am zweyten, von dem erstern durch einen schmalen und dünnen Schatten getrennten, Saume war der innere Rand blau, die Mitte gelb, der äußere Rand roth; und so war es auch im dritten schmälisten Saume. — Uebrigens ist das Phänomen selbst noch nicht so untersucht, daß sich davon eine befriedigende Erklärung geben ließe. Von der Reflexion kann es gewiß nicht herrühren.

Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis, auct. P. Franc. Mar. Grimaldo. Bonon. 1665. 4. Newton Optice. 1. III. C. 272. ff. Muschenbroek & a. D. 4. 1826 — 1829.

Das Auge. Das natürliche und durch optische Werkzeuge verstärkte Sehen.

§. 748. Um zu wissen, was es mit dem Sehen der Gegenstände für eine Verwandniß habe, muß man

man nothwendig einige Kenntniß vom Baue des Auges und derjenigen Theile desselben haben, die zum klaren und deutlichen Sehen erfordert werden.

§. 749. Die Gestalt des Augapfels (*Bulbus oculi*) kommt der Kugelgestalt sehr nahe, nur daß vorne der durchsichtige Theil weiter hervorragend ist. Sein längendurchmesser beträgt beim Auge des erwachsenen Menschen etwa 11 $\frac{1}{2}$ Pariser Linie. Er ist in der, mit Fett häufig versehenen, Augenhöhle (Orbita) nach allen Seiten durch sechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch die Augenlieder (*Palpebrae*) und durch die Augenwimpern (*Cilia*) bedeckt und vor einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden.

§. 750. Der Augapfel besteht aus verschiedenen Häuten (*Membranae*), welche zum Theil zusammenhängend sind, zum Theil Höhlungen zwischen sich lassen, die mit den durchsichtigen brechenden Mitteln, die man gewöhnlich die Feuchtigkeiten (*Humores*) nennt, ausgefüllt sind. Die äußerste dieser Häute ist fest, zähe, dick, aus mehrern Blättern bestehend, größten Theils undurchsichtig, und umgiebt den ganzen Augapfel. Sie heißt die feste oder harte Haut (*Tunica sclerotica*). Je mehr sie sich dem Vordertheile des Augapfels nähert, desto dünner wird sie, und endlich ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil der festen Haut, durch die das Licht zum Innern des Auges bringt, heißt die Hornhaut (*Cornea transparentis, Tunica cornea*), und ist das Segment einer

einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der des übrigen Augapfels. Er ist daher hervorragend (§. 749). Seine Achse ist aber mit der Achse des Augapfels gemeinschaftlich. Die Hornhaut ist auf ihrer innern Fläche noch mit einer andern, mit vieler Schnellkraft versehenen, Haut, die man die *Desmoussche Membran* nennt, bekleidet.

§. 751. In dem Hinterteile der festen oder harten Haut, zur Seite der Achse des Augapfels, etwas nach der Nase zu, begiebt sich der *Augennerve* (*Nervus opticus*) in den Augapfel. Das innere Blatt seiner festen *Girnhaut* (*dura Mater*), womit er bekleidet aus der Augenhöhle tritt, hilft entweder die feste Haut des Augapfels bilden, oder hängt wenigstens damit zusammen. Die *Gefäßhaut* (*pia Mater*) des Nerven überzieht inwendig die feste Haut des Augapfels, ist durchaus schwarzbraun und dünne. Der übrige, markige innere Theil des Nerven, gewisser Maßen die fortgesetzte Substanz des Gehirns selbst, geht in eine weiße, niedergebrückte, conische Warze aus, und die Substanz des Nerven zur Seite dieser Warze breitet sich selbst zu der innersten Haut des Auges aus, die nachher angeführt werden wird.

§. 752. Unter der harten Haut liegt zunächst an derselben die *Gefäßhaut* oder *Aderhaut* (*Tunica choroidea*). Sie nimmt ihren Anfang von einem weißen, aus Zellgewebe bestehenden Zirkel, der die Substanz des Sehnerven begrenzt. Sie hängt hier mit



mit der festen Haut und diesem weißen Zirkel zusammen, und wird von da an concentrisch innerhalb der festen Haut ausgespannt, mit der sie durch etwas Zellgewebe und durch Gefäße verbunden ist. Sie ist auswendig braun, inwendig fast schwarz. Wenn sie bis an den Ursprung der durchsichtigen Hornhaut gelangt ist, so wird sie daselbst durch vieles Zellgewebe mit der festen Haut vereinigt, in Gestalt eines weißen Kreises, des **Ciliarkreises** (*Orbiculus ciliaris*), worin noch **Sontana's Strahlencanal** (*Canalis ciliaris*) zu merken ist. Von diesem Zirkel, durch den die Gefäßhaut mit der festen Haut zusammenhängt, wendet sich ihre innere Lamelle nach dem Innern des Augapfels, und bildet die **Strahlenbänderchen** (*Ligamenta ciliaria*), dicke, schön gefaltete, vasculöse Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind und die Kapsel der Krystalllinse umgeben.

§. 753. Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern steigt die **Regenbogenhaut** (*Iris*) aus dem Ciliarkreise als eine Fortsetzung der Aderhaut ebenfalls herab. Sie zeigt auf ihrer vordern Seite bunte geschlängelte Streifen, die vom Umkreise herabsteigen, und diese vordere Fläche nennt man insbesondere die **Regenbogenhaut** (*Iris*). Auf ihrer hintern Seite besteht sie aus geraden Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind. Diese hintere Fläche nennt man auch die **Traubenhaut** (*Uvea*). In der Mitte dieser undurchsichtigen Haut, die Herr **Sömmering** sehr passend die **Blendung** heißt, befindet sich eine
kreis-

freisrunde Oeffnung, die Pupille, die Sehe, das Lichtloch, durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt und welche auf eine bewundernswürdige Art sich unwillkürlich bey schwachem Lichte erweitert, bey starkem Lichte verengert. Der zarte Rand dieser Oeffnung wird von den Streifen der hintern Seite der Regenbogenhaut gebildet.

§. 754. Wenn der Augennerve (§. 751.) durch die harte Haut und Aderhaut getreten ist, so breitet sich sein Mark zu einer feinen, zarten, in jüngern Jahren mehr durchsichtigen, im Alter mehr undurchsichtigen Haut, der Uterhaut, Nervenhaut oder Markhaut (Retina) aus, und legt sich allenthalben an die Aderhaut bis zum größern Kreise der Strahlenfasern an. Auf dieser Nervenhaut befindet sich, nach Herrn Schömmers Entdeckung, neben dem Eintritte des Sehnerven, nach außen zu, gerade in der Achse des Auges, ein eyrunder, gelblicher, in der Mitte stärker, nach dem Umkreise zu schwächer, gefärbter Fleck, und die Nervenhaut bildet hier eine geschlängelte Falte. Diese ganze Stelle zeigt sich viel dünner, markartiger, wie die übrige Nervenhaut, besonders nach ihrem Mittelpuncte zu, wo sich sogar ein kleines, rundes Loch darin befindet, mit zwar sehr dünnen, aber rein abgeschnittenen Rändern, durch welches das braune Pigment der Aderhaut bemerkbar wird.

Ueber einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menschlichen Auges, vom Herrn D. Michaelis; im Journal der Erfindungen, Theorien und Widersprüche in der Natur und Arzneyw. St. XV. S. 3. ff.

§. 755. Die so genannten Feuchtigkeit des Augapfels (§. 750.), welche zum Brechen der Strahlen bestimmt sind, sind: 1) in der Mitte die *Krystalline Feuchtigkeit* oder die *Krystalllinse* (*Humor crystallinus*, *Lens crystallina*), die eigentlich nicht so wohl eine Flüssigkeit, als vielmehr ein fester, runder, höchst durchsichtiger, biconverer Körper ist, dessen hintere Fläche mehr erhaben ist, als die vordere, eigentlich aus mehreren mit feinen Gefäßen versehenen, und durch ein sehr feines Zellgewebe verbundenen, mit einer sehr durchsichtigen wässerigen Feuchtigkeit ausgefüllten Lamellen besteht, die eine faserige Structur haben, und bey menschlichen Augen durch sechs Scheidewände, von denen je drey vom Scheitel jeder Halbkugel der Linse gehen, getrennt sind, wie sich nach Hrn. Keils Entdeckung am besten durch Macerirung der Linse in schwacher Salpetersäure oder Schwefelsäure finden läßt. Die Linse ist in eine sehr durchsichtige Kapsel (*Capsula lentis crystallinae*) eingeschlossen, doch so, daß der enge Raum zwischen beyden mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt ist. Sie ist mit dem Strahlenträger eingefaßt. Die mittlere Brechung der Linse verhält sich nach Jurin gegen die der Luft, wie 1,46 : 1. Nach ebendenselben beträgt nach einer Mittelzahl der Halbmesser ihrer vordern Krümmung 3,3081 englische Decimallinien, der hintere aber 2,5056; und ihre größte Dicke 1,8525 solcher Linien.

Von der faserigen Structur der Krystalllinse, vom Herrn Prof. Neil; in *Greene Journal der Physik*, B. VIII, S. 325. ff.

§. 756. Den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Krystalllinse erfülle 2) die wässerige Feuchtigkeit (Humor aquens). Der ganze Raum wird durch die Iris in die vordere (Camera anterior) und hintere Kammer (Camera posterior) eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinschaft haben. Die wässerige Feuchtigkeit füllt beyde aus und treibt die Hornhaut in die Höhe. Der Halbmesser dieser Krümmung der Hornhaut beträgt nach Jurin 3,3294 Decimallinien engl. Die wässerige Feuchtigkeit ist dünn: flüßig, durchsichtig und schwachsalzig. Ihre mittlere Brechkraft gegen die Luft ist wie 1,29 : 1.

§. 757. Den größern Theil des Auges hinter der Krystalllinse füllt 3) die Glasfeuchtigkeit (Humor vitreus) aus. Sie stellt eine sehr klare und durchsichtige Gallerte vor und besteht aus sehr feinen Zellen, in welche die gallertartige Flüssigkeit eingeschlossen ist. Sie hat vorne eine Concavität, wo sie die Krystalllinse berührt, und ist mit einer feinen, durchsichtigen, eigenen Membran eingeschlossen. Ihre mittlere Brechkraft verhält sich gegen die Luft nach Rochon wie 1,33 : 1.

Zinn descriptio anatomica oculi humani. Goett. 1755. 4. recud. curavit Henr. Aug. Wrisberg. ibid. 1780. 4. Alb. von Hallers Grundriß der Physiologie, a. dem Lat. mit Anm. von Sommering und Medel. Berlin 1788. 8. Kap. XV. An essay on vision, briefly explaining the fabric of the eye and the nature of vision. by Georg Adams. Lond. 1792. 8. Georg Werners Anweisung zur Erhaltung des Gesichts und zur Kenntniß der Natur des Sehens, a. d. Engl. von Fr. Aries. Göttha 1794. 8.

§. 758. Vermittelt dieses so bewundernswürdig eingerichteten Werkzeugs erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das **Sehen** nennen. Die richtige Erklärungsart von der Hervorbringung dieser Empfindung blieb aber lange Zeit unbekannt und wurde erst von **Keplern** entdeckt. Die Alten glaubten, daß die Strahlen von dem Auge nach den Gegenständen zu ausgingen, wie **Empedokles**, **Plato**, **Euklides**, und von da wieder nach den Augen zurückgeworfen würden, wie die **Stoiker** annahmen. **Porta** entdeckte zuerst die Aehnlichkeit des Auges mit dem verfinsterten Zimmer; er zeigte dadurch einen bessern Weg zur Erklärung des Sehens, ob er sich gleich die Sache selbst noch unrichtig vorstellte, da er die Krystalllinse für die Wand hielt, auf welcher sich das Bild des Gegenstandes abbilde, und von jedem sichtbaren Puncte des Gegenstandes nur einen Strahl ins Auge kommen ließ. Erst **Kepler** gab richtige Begriffe über die Art und Weise der Entstehung des Bildes.

§. 759. Von jedem Puncte eines sichtbaren leuchtenden oder erleuchteten Körpers fahren nach geraden Linien Strahlenkegel aus (§. 654.), deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, und deren Spitze der sichtbare Punct ist. Von diesem Strahlenkegel kann nur derjenige Theil die Empfindung des Sehens des sichtbaren Punctes bewirken, welcher auf die Pupille trifft. Beim Durchgange dieses Strahlenkegels durch die Hornhaut und wässerige Feuchtigkeit vor und hinter der Pupille leidet er die ersten beiden Brechungen; auf der vordern Fläche der Krystall-

Kalllinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 707.), die dritte und stärkere; und in der gläsernen Feuchtig-
keit die vierte Brechung. Die divergirenden Strah-
len dieses Strahlenkegels werden dadurch convergi-
rend und treffen endlich in einem Puncte zusammen.
Dieser Punct der Wiedervereinigung der Strahlen
ist der Ort des Bildes vom Puncte.

Es sey also (Fig. 115.) DE das Auge nach einem Durchschnitte
in der Länge seiner Achse. Von dem Puncte A gebe ein
divergirender Strahlenkegel aus, der auf die Hornhaut
des Auges fällt. Da die Strahlen aus dem dünnern Me-
dio, der Luft, in das dichtere übergehen, so werden sie
dem Perpendikel zu gebrochen, und dadurch, wie aus dem
Vorigen von der Brechung in krummen Flächen bekannt ist,
convergirend, wenn der strahlende Punct nicht zu nahe,
d. h., die Divergenz der Strahlen nicht zu groß ist. Man
sieht, daß dadurch auch Strahlen durch die Pupille kommen
können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung
gekommen seyn würden. Durch die Brechung in der Krus-
Kalllinse C und der Glasseuchtigkeit werden die Strahlen
noch stärker convergirend und vereinigen sich in einem
Puncte in a, der das Bild von A ist.

§. 760. Die Strahlen jedes Strahlenkegels al-
so, welcher aus jedem Puncte des Körpers ausfährt
und auf die Pupille trifft, vereinigen sich also hinter
der Linse, wie im finstern Zimmer, dessen Oeffnung
mit einem erhabenen Glase versehen ist; und wenn
das Auge die gewöhnliche Einrichtung hat, und das
Object nicht zu entfernt oder dem Auge nicht zu nahe
ist, so liegt das Bild des Punctes auf der Netzhaut.
Von jedem sichtbaren Puncte eines Gegenstandes ent-
steht natürlicher Weise ein Bild auf der Netzhaut,
welche alle zusammen, wie im verfinsterten Zimmer,
ein verkehrt stehendes vom ganzen Objecte machen.

Es sey (Fig. 116.) CAB ein Object, das vor dem Auge steht.
Von den Puncten C, A und B gehen divergirende Strah-
lenkegel nach dem Auge, deren Strahlen durch die Bre-
chung

strahlen zu convergirenden werden und sich wieder in einem Punct vereinigen. Sie machen also das verkleinerte und verkehrt stehende Bild. hab.

§. 761. Diese Wiedervereinigung der Strahlen eines Strahlenkegels von einem sichtbaren Puncte auf der Netzhaut, oder die Abbildung des Gegenstandes auf derselben, ist nun mit der Empfindung des Sehens begleitet. Wie die Vorstellungen aber mit diesem Zusammentreffen der Lichtstrahlen zu einem Bilde des Gegenstandes zusammenhängen, dies zu erklären, reichen unsere Erfahrungen nicht hin. Das Bild und die Empfindung des Sehens sind Wirkungen einer einzigen Ursache. Wir können nicht annehmen, daß das Bild als Bild die Empfindung bewirke. Denn dies kann es ja nicht, da es nur Phantom ist; eben so wenig können also auch die Farben, die am Bilde sind, die Empfindung der Farben hervorbringen. Noch weniger wird man glauben, daß die Seele das Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut beschauet, und das durch Vorstellung davon erhalte, so wie wir etwa in der finstern Kammer das Bild eines abgebildeten Gegenstandes wahrnehmen.

§. 762. Nur die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Puncte auf der Netzhaut erzeugt das deutliche Sehen dieses Punctes, und in so fern hierdurch sonst ein Bild des Punctes entsteht, können wir annehmen, daß das Bild die Empfindung mache. Nur die Netzhaut ist für diese Wiedervereinigungspuncte fühlbar und pflanzt die Empfindung durch den Gesichtsnerven bis zum

zum Gehirne fort. Weiter können wir nun eben so wenig erklären, wie mit dieser Empfindung die Vorstellung des Sehens verknüpft ist, als wir es erklären können, wie der Eindruck auf die Nerven der Zunge und des Gaums den Geschmack, auf die Nerven der Nase den Geruch, oder auf den Gehörnerven das Hören, und die davon abhängenden Urtheile unserer Seele erzeugen. Die Vorstellung der Farben endlich möchte wohl aus der verschiedenen Empfindung herrühren, welche die verschiedenen Gattungen der Lichtstrahlen auf der Netzhaut bewirken, und welche sie eben so verschiedenlich rühren, als es verschiedene riechende Ausflüsse bei den Geruchsnerven thun.

§. 763. Die Frage, warum wir die Gegenstände nicht verkehrt wahrnehmen, da doch das Bild derselben auf der Netzhaut verkehrt liegt, hat in der That keinen vernünftigen Sinn. In der Zeichnung des Bildes (Fig. 116.) beziehen wir frenlich dieses auf den Gegenstand, und da steht das Bild gegen diesen allerdings verkehrt. Aber bei der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenstände zusammen beziehen wir die Bilder zu den Bildern, und die haben ja gegen einander dasselbige räumliche Verhältniß, als die Objecte; folglich sind sie nicht gegen einander verkehrt. Wenn wir also einen Menschen auf dem Fußboden eines Zimmers stehend wahrnehmen, so bildet er sich so auf der Netzhaut ab, daß seine Füße gegen den zugleich mit abgebildeten Fußboden dieselbige Beziehung haben, als im Objecte. Er wird ja nicht mit dem Kopfe auf dem Fußboden stehend abgebildet;

folglich steht er auch im Bilde nicht verkehrt gegen den Fußboden und gegen die Decke des Zimmers, sondern das Bild hat dieselbige räumliche Beziehung gegen die Bilder dieser, als die Objecte. Wenn sich also alles in der Welt in derselbigen räumlichen Verbindung auf der Netzhaut abbildet, worin es natürlich ist, so sehen wir nichts verkehrt.

Das astronomische Fernrohr kann hier gar nichts dagegen, sondern wohl dafür beweisen; weil das dadurch erhaltene Bild gegen das durchs bloße Auge erzeugte eine verkehrte Lage hat.

§. 764. Eben so wenig hat es auch mit der Schwierigkeit zu bedeuten, die einige darin zu finden glaubten, daß wir mit zwey Augen die Gegenstände nur einfach sehen. Denn wenn gleich von einerley Punct zwey verschiedene Strahlenkegel nach den beyden Augen gehen, so sehen wir doch den Punct nur dahin, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels treffen muß, — und diese Spitze ist ja beyden Strahlenkegeln gemeinschaftlich; — daher muß der Punct, auch durch beyde Augen gesehen, nur einfach erscheinen. Das Gegentheil geschieht, wenn man den einen Augapfel mit den Fingern zur Seite drückt, wodurch die Spitzen der Lichtkegel von einander gebracht werden, und also das Object zwiefach empfunden wird.

§. 765. Ueberhaupt kommt es bey dem Urtheile der Seele über das Gesehene auf weit mehrere Umstände an, als bey den Empfindungen durch andere Sinne. Wir verbinden von Jugend auf unvermerkt mit dem Gesichte das Getast, und üben uns dadurch, aus dem, was uns das Auge darstellt, Urtheile über
die

die wahren und eigentlichen Lagen, Entfernungen, Größe und Gestalten der Körper zu fällen. Wir erlangen eine Fertigkeit, aus der Verbindung beider Sinne, bey Gegenständen, die wenigstens nahe um uns herum sind, richtig zu urtheilen; aber weil auch dieses Urtheil mit dem Sehen selbst ohne unser Bewußtseyn so innig verbunden ist, so kommt es auch oft, daß wir etwas zu sehen glauben, was wir bloß aus dem Gesehenen schließen; und wir schließen manchmal falsch, ob wir gleich richtig sehen.

Die Geschichte einiger Blindgeborenen und am Staar glücklich operirter Personen, (s. Cheselden in philol. transact. no. 402. und in Smith's Lehrbegriff der Optik; ingleichen Lichtnerbergs Magazin für die Physik, B. 4. St. 1. S. 21.), kann es beweisen, daß wir von den Entfernungen, Lagen, Größe und Figuren der Gegenstände nicht anders, als erst durch Verdüßte des Betahs urtheilen lernen, oder daß wir die Empfindungen des Gesichts mit denen des Betahs vergleichen müssen, um durch fortgesetzte Erfahrungen in den Stand gesetzt zu werden, aus dem Gesehenen auf ihre Entfernungen, Lage, Figur, u. s. w. zu schließen.

§. 766. Wenn man von den äußersten Enden eines sichtbaren Gegenstandes gerade Linien nach dem Mittelpuncte der Pupille des Auges zu zieht, so heißt der Winkel, den sie hier machen, der Sehwinkel oder die scheinbare Größe des Gegenstandes (*Angulus opticus, visorius; Magnitudo, Diameter objecti apparens*). Dieser Sehwinkel wird bey einerley Object natürlicher Weise größer, je näher dieses dem Auge kommt, und desto kleiner, je weiter es sich davon entfernt.

§. 767. Unser Urtheil über die Größe der Gegenstände hängt nicht allein von ihrer wahren Größe,

Andern auch von diesem Sehewinkel mit ab, unter welchem wir die Objecte wahrnehmen, und von welchem auch die Größe des Bildes auf der Netzhaut abhängt. Gegenstände von verschiedenen wahren Größen können daher dem Auge unter einerley scheinbarer Größe erscheinen, wenn sie unter einerley Sehewinkel wahrgenommen werden; und umgekehrt können Gegenstände von einerley wahrer Größe unter einer verschiedenen scheinbaren wahrgenommen werden, wenn der Sehewinkel verschiedentlich groß ist.

Sonne und Mond können uns gleich groß erscheinen, ungeachtet ihre Größe sehr verschieden ist, wenn der Sehewinkel, unter dem wir beyde sehen, gleich groß ist.

Der Stundenzeiger einer Taschenuhr scheint uns zu ruhen, weil sich der Sehewinkel in kurzer Zeit nur unmerklich ändert.

Auf einem Kornfelde scheinen uns die Kornähren, welche weiter entfernt sind, dichter zu stehen, als die nähern.

Eine lange Allee scheint uns am Ende spitzig zuzulaufen.

§. 768. Ein bloß erleuchteter Gegenstand kann daher endlich dem Auge unsichtbar werden, wenn der Sehewinkel so klein wird, daß er nicht empfunden werden kann, oder wenn der Bogen desselben bis zu einer Größe von etwa einer Minute abnimmt. Leuchtende Gegenstände können uns hingegen in einer noch viel weitern Entfernung sichtbar bleiben, wobey sie uns aber dann auch ohne bemerkbaren Durchmesser erscheinen müssen, wie die Fixsterne.

§. 769. Sonst beurtheilen wir auch noch die wahre Größe des gesehenen Gegenstandes aus seinen uns sonst bekannten Entfernungen, aus der stärkern oder schwächeren Erleuchtung, worin er uns erscheint, und dann auch aus dem Verhältnisse seines Bildes zu dem Bil-

Bildern naher Gegenstände, deren wahrer Größe wir kennen.

Der hinter Bergen oder hinter Wäldern aufgehende Mond scheint uns größer, als wenn er höher am Horizonte steht.

§. 770. Die Urtheile unserer Seele über Entfernungen der Dinge von uns hängen keinesweges von den Empfindungen des Gesichtes allein ab, sondern wir erlangen die Fertigkeit, von dem, was wir sehen, auf die Entfernungen, Größen, oder Stellen zu schließen, oder das Augenmaaß ebenfalls durch Vergleichung der Empfindungen des Gesichtes mit denen des Gefühls, und durch Erfahrungen, die wir, obgleich unvermerkt, von Jugend auf hierüber anstellen; und wir sind uns der Umstände, aus denen die Vorstellung einer wirklichen Entfernung in uns entsteht, selten deutlich bewußt. Ohne Erfahrungen durchs Gefühl über die Entfernung der Dinge würden wir glauben, daß die Gegenstände dicht vor dem Auge stünden.

§. 771. Bey nahen Gegenständen schätzen wir die Entfernung derselben aus der zum genauen Sehen nöthigen Veränderung des Auges, welche wir vornehmen müssen, um auf verschiedene Entfernungen deutlich zu sehen; und wir urtheilen dann, daß der Gegenstand da sey, wo die Spitzen der Lichtkegel zu stehen kommen, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist. Bey entfernten Gegenständen schätzen wir die Entfernungen aus dem Winkel, den die beyden Augenachsen mit einander machen; aus der Vergleichung der uns bekannten wahren Größe derselben mit

mit der scheinbaren, in welcher wir sie wahrnehmen; aus der größern oder geringern Helligkeit und Klarheit, worin wir sie sehen; aus der Deutlichkeit der kleinen Theile eines Gegenstandes; und endlich aus der Menge anderer zwischen dem Gegenstande und dem Auge befindlichen Dinge.

Hieraus erhellt leicht, warum uns das Meer vom Ufer aus gesehen, wenn wir sonst keine Gegenstände, wie Schiffe, Inseln, u. dergl., darauf wahrnehmen, bey weitem nicht so weit ausgedehnt erscheint, als diejenigen glauben, die es nicht gesehen haben.

§. 772. Wir können mit gesunden Augen Gegenstände in verschiedenen Entfernungen vom Auge noch deutlich wahrnehmen. Da nun das Bild eines entfernten Gegenstandes nicht so weit hinter die Krystalllinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 711.), fällt, als das Bild eines nähern, und das Auge doch nur dann deutlich sieht, wenn die Spitzen der Strahlenkegel oder das Bild des Gegenstandes die Netzhaut treffen; so muß das Auge ein Vermögen besitzen, seine Einrichtung zu ändern, und dadurch auf größere oder kleinere Weiten deutlich zu sehen. Aus der fastigen Structur der Krystalllinse läßt sich nach Hrn. Young allerdings schließen, daß wir das Vermögen besitzen, sie erhabener zu machen, oder aus der biconvexen Form mehr der Kugelgestalt zu nähern, so daß die Halbmesser ihrer Krümmungen kleiner werden, wodurch also auch ihre Brennweite kleiner wird. Dies müßte bey nahen Gegenständen Statt finden, da sie hingegen bey entfernten Gegenständen wieder in den gewöhnlichen Zustand zurückkäme. Mit dieser Ver-

änder-

Änderung kann eine andere recht wohl bestehen, woraus man auch die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Weiten erklärt, nämlich eine mehrere oder mindere Zusammendrückung der harten Haut durch die Augenmuskeln, wodurch zugleich die Hornhaut converger werden kann.

Beobachtungen über das Sehen, von Herrn Thom. Young; in Grews Journ. der Phys. N. VIII. S. 415. ff. Henr. Wilh. Mask. *Observ. de oculi mutationibus internis.* Goett. 1780. 4.

§. 773. Diese Veränderungen finden natürlicher Weise ihre Grenzen, und es giebt daher für jedes Auge eine gewisse Weite, in der es bey seinem natürlichen Zustande deutlich sieht. Diese Weite, bey der es kleinere Gegenstände noch deutlich wahrnehmen kann (*Distantia visionis distinctae*), setzt man zwar gewöhnlich auf 12 bis 16 Zoll, allein sie ist bey vielen Personen größer oder geringer.

§. 774. Wenn die Hornhaut eines Auges zu sehr erhaben, die Krystalllinse zu conver oder ihr Abstand von der Netzhaut zu groß ist, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenständen, die 12 bis 16 Zoll und darüber entfernt sind, nach dem Brechen zu früh zusammen, ehe sie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieser Gegenstände ist für ein solches Auge zu geringe, als daß der Vereinigungspunct die Netzhaut treffen sollte. Ein solches Auge sieht daher nur nahe Gegenstände deutlich, entfernte undeutlich. Personen, welche diesen Fehler haben, heißen Kurz-

sichtige

Sehtize (Myopes), und die Weite, bey der sie kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen, erstreckt sich ungefähr nur auf 4 bis 6 Zoll. Hohlgläser vermehren die Divergenz divergirender Strahlen (§. 714.), und durch Hülfe derselben sehen also Kurzsichtige auch mehr entfernte Gegenstände deutlich.

§. 775. Wenn hingegen das Auge so beschaffen ist, daß die Hornhaut und die Krystalllinse flach, und in der Convexität vermindert ist, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von nahen Gegenständen zu spät zusammen, und das Bild würde erst hinter die Netzhaut fallen. Ein solches Auge kann nur entfernte Gegenstände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. Diejenigen, welche diesen Fehler der Augen haben, heißen Weitsichtige (Presbytae), und jener entsteht gewöhnlich im Alter. Die nächste Weite, wobey ein solches Auge noch deutlich sieht, ist größer als 16 Zoll; bey manchen 2 bis 3 Fuß. Da erhabene Gläser das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern (§. 707.) und die Strahlen aus nahen Puncten so zu brechen, als ob sie aus entfernten Puncten herkämen, so können Weitsichtige durch Hülfe derselben auch nahe Gegenstände deutlich sehen, und sie bedienen sich daher zu diesem Zwecke der Brillen.

§. 776. Gegenstände, welche sehr klein sind, sehen wir auch in der gewöhnlichen, zum deutlichen Sehen erforderlichen Weite (§. 773.) nicht deutlich.

Da

Dadurch, daß wir sie dem Auge näher bringen, würden wir zwar den Sehwinkel, unter dem wir sie wahrnehmen, vergrößern; aber dann trifft das Bild die Netzhaut nicht mehr, und wir sehen den Gegenstand verwirrt und undeutlich. Ein Werkzeug, welches dazu dient, ganz kleine Gegenstände größer, als in der gewöhnlichen Entfernung vom Auge, und doch deutlich zu sehen, heißt ein Mikroskop oder Vergrößerungsglas (*Microscopium*, *Engyscopium*).

§. 777. Jedes erhabene Glas und jede Glasluge, vergrößern der Erfahrung zufolge die Objecte, wenn wir sie dadurch betrachten. Man bedient sich aber vorzüglich, um ganz kleine Sachen dadurch zu betrachten, kleiner, sehr erhabener Linsen, oder kleiner Glaslugehen, und beyde heißen daher auch einfache Mikroskope (*Microscopia simplicia*). Die Strahlen, welche von diesen kleinen Gegenständen, wenn sie nahe ans Auge gehalten werden, divergirend in dasselbe treten würden, werden durch diese Vergrößerungsgläser, wenn sie in dem Brennpuncte derselben liegen, nach dem Brechen parallel (§. 707.), und das Auge sieht dadurch den sehr genäherten Gegenstand deutlich. Das Auge sieht nun den Gegenstand unter einem desto größern Sehwinkel, und also auch um desto größer (§. 767.). Ueberhaupt verhält sich die Größe, unter welcher man Gegenstände durch eine Vergrößerungslinse in dem Brennpuncte derselben erblickt, zu der Größe, in der man sie ohne Glas deutlich erkennen kann, wie die kleinste Entfernung, bey der man ohne Glas deutlich sehen kann, zur

zur Brennweite der Vergrößerungsgläser. Da nun der Brennpunct desto näher an das Glas kommt, je kleiner der Durchmesser der Linse wird, so sieht man auch leicht ein, daß die Linsen um desto mehr vergrößern, je kleiner der Durchmesser der Kugel ist, wovon die Fläche der Linse ein Abschnitt ist. Zu den stärksten Vergrößerungen gebraucht man daher ganz kleine Glaskügelchen.

Es sey LM (Fig. 117.) eine Glaslinse von sehr kurzer Brennweite, in deren Brennraume ein kleiner Gegenstand ab befindlich sey. Es ist aus dem Vorigen (§. 707.) klar, daß die divergirenden Strahlen, die von den erleuchteten Puncten des Objectes ab gegen die Linse zu gehen, durch das Brechen zu parallelen werden. Die Strahlen des Punctes a gehen also als parallele nach O, und die des Punctes b als parallele nach Q. Die letztern schneiden die erstern unter dem Winkel $QCO = aCb$. Das der Linse sehr genäherte Auge sieht nun die Puncte a und b deutlich, wenn es nicht kurzsichtig ist, und so das ganze kleine Object ab. Da wir nicht gewohnt sind, Objecte so nahe am Auge wahrzunehmen, und überhaupt so kleine sonst nicht deutlich sehen, so beziehen wir das Object auf die Distanz AC, bey der wir sonst die Objecte deutlich zu sehen gewohnt sind. Da nun das Object AB in der Entfernung CA dem bloßen Auge unter eben dem Sehewinkel erscheinen würde, so schreiben wir dem Objecte ab die Größe AB zu. Es ist also die Größe des scheinbaren Durchmessers des Objectes durchs Mikroskop zu der Größe desselben ohne Mikroskop, wie die Weite, bey der jemand deutlich sieht, zur Brennweite der Linse. Weil nämlich die Dreypcke aCb und ACB ähnlich sind, so ist $AB : ab = AC : aC$.

Man findet nach dem hier Erwähnten die Stärke der Vergrößerungen, wenn man die Entfernung, bey der man kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen kann, durch die Brennweite des Vergrößerungsglases dividirt. Wenn z. B. ein Auge in der Entfernung von 10 Zoll deutlich sieht, so ist die Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers eines Objectes, das man durch ein Vergrößerungsglas von 1 Linie Brennweite betrachtet, 120 mal, folglich die Vergrößerung des Flächenraums 14400 mal.

§. 778. Um die Gegenstände in den erforderlichen Entfernungen an ein solches Vergrößerungsglas

glas bequem zu bringen und dadurch zu betrachten und sie auch gehörig zu erleuchten, hat man mehrere Vorrichtungen ausgedacht. Wir bemerken hi nur besonders das einfache *Wilson'sche* ¹⁾ oder *Liebkühn'sche Mikroskop*, und das Mikroskop mit dem *Erleuchtungsspiegel* ²⁾.

1) Gehlers physik. Wörterb. Ab. III. S. 221.

2) *Muschenbroek* introd. ad philoſ. nat. T. II. Tab. XL Fig. 3.

§. 779. Sonst hat man auch *zusammengesetzte Mikroskope* (*Microscopia composita*), die aus mehreren Linsen bestehen, durch welche man nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild desselben umgekehrt und vergrößert sieht. Der Gegenstand erhellt entweder durch einen Hohlspiegel oder durch ein convexes Glas Erleuchtung. Wir merken hier das *Cuppersche Mikroskop*.

Es sey (Fig. 118.) ein kleines Object ach etwas weiter, als die Brennweite der mikroskopischen Linse LM beträgt, und derselben in der gehörigen Erleuchtung gestellt. In dieser Falle werden die divergirenden Strahlen der Punkte a, b durch die Brechung zu convergirenden (§. 707.), und zwar werden sie desto später zusammenlaufen, je näher dem Brennpunkte der Linse LM sind. BCA ist hiernach das Bild des Object's, und steht gegen dasselbe verkehrt. Wenn nun noch in FE eine größere converge Linse ist, deren Brennraum mit dem Bilde BCA zusammenfällt, so werden die von B, C, und A ausgehenden divergirenden Strahlen durch das Brechen zu parallelen (§. 707.), und schnell sich in O. Ist hier in O das Auge, so sieht es das umgekehrte Bild BCA des Object's sehr deutlich, unter dem Winkel BDA. Dieser verhält sich zu dem Gesichtswinkel, unter dem das Object ohne Mikroskop gesehen werden würde wie die Distanz des Bildes BA von der Linse LM Brennweite CD der Linse FE.

Damit aber die Länge dieses Mikroskops kürzer und gleich das Gesichtsfeld größer werde, wird zwischen LM und FE noch eine converge Linse angebracht, und das Mikroskop wird also aus drei Linsen zusammengesetzt. Es

(Fig. 119.) ein kleines Object AB, das von der kleinen mikroskopischen Linse KEC weiter ausieht, als die Brennweite derselben beträgt. Die divergirenden Strahlen der Punkte B und A werden solcher Gestalt durch das Brechen in die Linse KEC zu convergirenden. Ehe aber die convergirenden Strahlen s, r, t und Z, K, V der Punkte B und A sich schneiden und das Bild machen, treffen sie auf die größere converge Linse GH (das Collectivglas) und werden dadurch früher convergirend (§. 707.) in d und f, wo sie das umgekehrte Bild fd des Objectes BA machen, von da als divergirende Efq und apn auf die Linse nk (das Ocular) fallen, die um die Brennweite von dem Bilde fd entfernt steht. Durch das Brechen in dieser Linse werden sie nun zu parallelen, und das Auge in O sieht dadurch das Bild fd des Objectes BA deutlich und vergrößert unter dem Winkel aOp.

Um die Linsen dieses zusammengesetzten Mikroskops gehörig zu stellen, den Gegenstand gegen das Instrument richtig zu ordnen, zu behandeln, und gehörig zu erleuchten, sehe man Baker Employment for the microscope. Lond. 1752. 8. Beiträge zum Gebrauch und Verbesserung des Mikroskops, a. d. Engl. Augsburg 1754. 8. Branders Beschreibung zweyer zusammengesetzten Mikroskops, Augsb. 1769. 8.

§. 780. Werkzeuge aus zusammen verbundenen Linsen, oder auch Spiegeln mit Linsen, welche dazu dienen, entfernte Gegenstände, die man durchs bloße Gesicht nicht deutlich sehen kann, klar und deutlich wahrzunehmen, heißen Fernrohre, Teleskope (Telescopia; Tubi optici). Man kann sie überhaupt in zwey Gattungen: 1) in dioptrische, und 2) in catoptrische eintheilen.

§. 781. Die dioptrischen Fernrohre bestehen aus verschiedenen Glaslinsen, welche in einem Rohre einander näher gebracht oder von einander mehr entfernt werden können. Diese Linsen selbst führen verschiedene Namen. 1) Das Objectivglas oder Vorderglas ist dasjenige, das sich an dem äußersten Ende des Rohrs befindet und dem zu betrachtenden Gegenstande

gegenstände zunächst zu gerichtet ist. Es ist allemal convex und hat auch eine größere Brennweite, als die übrigen Linsen. 2) Die Augengläser oder Oculargläser, deren Stelle an dem andern Ende des Rohres ist und die dem Auge zu gerichtet sind. Ihre wahre oder eingebildete Brennweite ist immer kürzer, als die des Objectivglases. Das Rohr, worin man diese Gläser befestigt, überzieht man inwendig mit einer schwarzen Farbe, und giebt dem Objectivglase Bedeckungen, um dadurch die Undeutlichkeit des Bildes, welche von der Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (§. 709.) entsteht, zu verhüten; zu eben dieser Absicht dienen auch für die Augengläser die Blendungen in den Röhren.

§. 782. Die erstere und älteste Art dieser dioptrischen Fernröhre ist das Holländische oder Galileische Fernrohr. Es besteht aus einem convexen Objectiv- und einem concaven Ocularglase, die auf einerley Achse so gestellt sind, daß der eingebildete Brennpunct des letztern mit dem wahren Brennpuncte des erstern zusammentrifft. Die Entfernung der Linsen von einander ist folglich der Differenz ihrer Brennweiten gleich. Gegenstände durch dieses Fernrohr betrachtet, erscheinen gerade und unter einem größern Sehewinkel; eigentlich so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist. Wegen des geringen Gesichtsfeldes, oder des geringen Raumes, den man durch dieses Fernrohr übersehen kann, und wegen der Unbequemlichkeit, daß man das Auge nicht an das Ocular

Ocular legen muß, gebraucht man es jetzt nur noch zu Taschenperspectiven.

Es sey (Fig. 120.) das concave Objectivglas MN mit dem biconcaven Oculare PQ auf einerley Achse so gestellt, daß der Focus des erstern Do mit dem Focus des letztern Ko zusammenfalle. Es sey das Objectivglas einem sehr entfernten Objecte zu gerichtet, so daß die von den äußersten Punkten O und B des letztern auf das Objectiv fahrenden divergirenden Strahlen als parallel anzusehen sind, und sich daher in Strahlencylinder verwandeln. Die Achse A des Strahlencylinders O stehe senkrecht auf MN und PQ, so geht der Strahl, der diese Achse vorstellt, ungebrochen durch beide Gläser, und ist ADo. Die damit parallelen Strahlen dieses Strahlencylinders O werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, und würden ohne PQ in o zusammentreffen, durch die Brechung in PQ aber werden sie zu parallelen (§. 714.). Von dem untern Punkte B des Objectes geht eben so ein Strahlencylinder BD nach dem Objectivglase MN, und die durch die Brechung in demselben convergirenden Strahlen desselben werden durch die Brechung in PQ zu parallelen. Was von diesen Strahlencylindern O und B gilt, gilt von allen den Strahlencylindern der übrigen zwischen O und B befindlichen Punkte des Objectes, die auf das Objectivglas fallen. Wenn daher das Auge dicht hinter dem Oculare PQ ist, so wird es die Punkte A und B, und so die übrigen dazwischen, deutlich sehen; denn die parallelen Strahlen Cb und Ko werden durch die Brechung im Auge ein Bild der Punkte b und o auf der Netzhaut machen, das eben so gegen das Object verkehrt steht, als es ohne die Gläser durch die Brechung im Auge allein stehen würde. Das Auge sieht also den Gegenstand aufrecht, wie natürlich, und steht ihn unter dem Winkel bKo, unter dem die Achsen der durch die Brechung im Auge gebildeten Strahlentegel geneigt sind. Wenn das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand OB ohne das Teleskop unter dem Winkel ADB = bDo wahrnehmen. Wegen Kleinheit der Winkel bKo, bDo können wir annehmen, daß ihre Sinus von den Bogen, die sie messen, selbst nicht merklich verschieden sind; wir können also bo als einen Bogen ansehen, der den Winkel bKo, dessen Sinus totus oK ist, und zugleich den Winkel bDo mißt, dessen Sinus totus oD ist. Da die Winkel sich verhalten wie die ihnen zugehörigen Bogen, und umgekehrt wie der Sinus totus derselben, so ist $bKo : bDo = \frac{bo}{oK} : \frac{bo}{oD} = oD : oK$.

Da nun oD, oK die respectiven Brennweiten des Objectivglases und des Oculars vorstellen, so verhält sich demnach der Winkel bKo, oder die scheinbare Größe, unter der das Object durchs Teleskop wahrgenommen wird, zu dem Winkel bDo = ADB, oder zu der scheinbaren Größe, unter

unter der das Object ohne das Teleskop wahrgenommen wird, wie die Brennweite oD des Objectivglases zur Brennweite oK des Oculars; oder das Object erscheint im Durchmesser so vielmal vergrößert, als oK in oD enthalten ist.

Scherfferi institut. physl. P. II. S. 245.

§. 783. Eine zweite Art ist das **Keplersche Sternrohr** (*Tubus astronomicus*), in welchem ein convexes Augenglas mit einem convexen Objectiv von einer längern Brennweite so zusammengesetzt ist, daß ihre Entfernung von einander der Summe ihrer Brennweiten gleich ist. Der Gegenstand erscheint dadurch verkehrt, und man sieht eigentlich durch das Ocular nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild davon in dem Rohre vor dem Oculare. Dieses Fernrohr hat ein weit größeres Gesichtsfeld, als das vorige, und man bedient sich desselben zum astronomischen Gebrauche. Man sieht die Gegenstände dadurch so oft vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Es seyen (Fig. 121.) MN ein biconveres Objectivglas, und PQ ein biconveres Ocular von einer kürzern Brennweite, auf einerley Achse so gestellt, daß sie um die Summe ihrer respectiven Brennweiten $Do + Ko$ von einander entfernt sind. Es sey hier ebenfalls das Object so weit entfernt, daß die von seinen sichtbaren Punkten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. O und B seyen der oberste und unterste Punkt des Objects, und AD und BD die Achsen der davon auf das Objectivglas MN fallenden Strahlencylinder. Die respectiven Strahlen dieser Strahlencylinder werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, laufen im Brennpunkte des Glases MN zusammen, und machen also in bo das umgekehrte Bild des Gegenstandes AB . Da oK zu gleicher Zeit die Brennweite der Linse PQ ist, so werden die in b und o wieder divergirend auslaufenden Strahlen durch die Brechung in der Linse zu parallelen, die sich nachher wieder unter dem Winkel $PFK = bKo$ schneiden. Das in F befindliche Auge sieht nun nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild des Gegenstandes, und zwar unter dem Winkel bKo . Wenn wir nun wieder wie vorher (§. 782. Anm.) bo für den

den Gegen nehmen, so folgt, daß aus der Winkel bKo , unter dem das Bild des Gegenstandes vermittelt des Perspectives gesehen wird, zu $bDo (= ADB)$, unter dem das Object AB von dem bloßen Auge in D gesehen werden würde, verhalte wie $Do : Ko$, d. i., wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars; oder daß der Gegenstand so vielmal vergrößert erscheint, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Da das Bild, welches das Auge durch dieses Fernrohr wahrnimmt, gegen den Gegenstand, mit dem bloßen Auge gesehen, eine umgekehrte Lage hat, so sieht man leicht, daß man die Gegenstände durch dieses Fernrohr verkehrt wahrnehmen müsse.

§. 784. Die dritte und gewöhnlichste Art ist das Erdrohr (Tubus terrestris), dessen Erfindung dem Pater Rheita zugeschrieben wird. Es besteht gewöhnlich aus drey convexen Oculargläsern von kurzer Brennweite, und einem convexen Objectiv von längerer Brennweite. Die Entfernung des Objectivglases vom nächsten Oculare ist der Summe ihrer Brennweiten gleich, und auch so die Entfernung der Oculare von einander. Man sieht den Gegenstand durch dieses Erdrohr aufrecht, und eigentlich wird das verkehrte Bild des Gegenstandes, das man beym Sternrohr sieht (§. 783.), durch das zweite Ocular wieder aufrecht gebracht. Die Vergrößerung ist wie bey dem Sternrohr, und kann größer werden, wenn man dem zweiten Ocularglase eine größere Brennweite giebt, als dem ersten. Man hat auch Erdrohre mit fünf Augengläsern.

Wenn zu den Gläsern MN und PQ des Sternrohrs (Fig. 121.) noch zwey andere biconvexe RS und TV (Fig. 122.) so gesetzt werden, daß diese letztern um die Summe ihrer Brennweiten von einander abstehen, so werden die parallelen Strahlen, die aus PQ herausstehen und sich in F schneiden, durch die Brechung in RS wieder zu convergiren, und in der Brennweite von RS das Bild $a\beta$ hervorbringen, das gegen das in $h\theta$ verkehrt, und also wiederum so, wie der

der Gegenstand, steht. Da die von α und β divergirend auf TV fallenden Strahlen aus dem Brennraume dieser Linse kommen, so werden sie wieder zu parallelen, und das Auge sieht dadurch das Bild $\alpha\beta$ des Gegenstandes OB deutlich, und zwar in derselben Stellung, als den Gegenstand.

§. 785. Kurzsichtige müssen bei allen diesen Fernröhren die Oculargläser dem Objectiv näher bringen, um die sonst parallel auslaufenden Strahlen als divergirend auf das Auge zu empfangen.

§. 786. Außer der Unvollkommenheit, welche diese Werkzeuge durch die Abweichungen der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (§. 709. 781.) erhalten, besitzen sie eine noch weit erheblichere, die von der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen herrührt (§. 727.), und welche zur Folge hat, daß das Bild des Objectes mit farbigen Rändern und überhaupt undeutlich erscheint. Man suchte sonst diesen Fehler dadurch zu vermindern, daß man Objectiv von sehr langen Brennweiten anwendete, und mußte deswegen die Fernröhre sehr lang machen; allein die Undeutlichkeit wird dessen ungeachtet dadurch nicht gänzlich gehoben.

§. 787. Im Jahre 1747 kam Euler auf den Gedanken, den Fehler der dioptrischen Fernröhre, der von der Abweichung der Strahlen wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit herrührt, dadurch zu heben, daß man das Objectiv aus zweyerley durchsichtigen Materien zusammensetze, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, so daß die eine die farbigen Strahlen wieder vereinigte, welche die andere trennte.

trennte. Newton hatte diesen Fehler für unverbesserlich gehalten, und deshalb die nachher anzuführenden reflectirenden Teleskope ausgegeben. Johann Dollond behauptete zwar erst den Newtonischen Satz gegen Euler; allein er fand nachher doch, nachdem besonders Klingenstierna Newtons Satz näher geprüft hatte, daß er geirrt habe, und war der Erste, der ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr zu Stande brachte. Die Einrichtungen dieser Fernröhre hat nachher theils er selbst, theils sein Sohn ansehnlich verbessert, und sie führen auch noch nach ihm den Namen der Dollond'schen, Fernröhre.

1f. *Newton optica*, L. I. P. III. pr. 33. S. 106. *Sur la perfection des verres objectifs des lunettes*, par Mr. Euler; in *d. Mémoires de l'acad. roy. des sciences de Prusse*, 1747. S. 274. *Abhandlung über das Gesetz der Brechung der Lichtstrahlen von verschiedener Art, wenn sie durch ein durchsichtiges Mittel in verschiedene andere übergehen*, von Sam. Klingensstierna; in den *Schwed. Abhandl.* vom J. 1754. S. 300. *An account of some experiments concerning the different refrangibility of light*, by John Dollond; in den *philosophic. transact.* Vol. L. S. 733.

§. 788. Die Möglichkeit achromatischer Fernröhre, oder vielmehr die Möglichkeit, den Fehler der Glaslinsen, der von der verschiedenen Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des Lichts entspringt (§. 727.), zu heben, beruht auf dem oben angeführten Satze (§. 733.): daß die Farbenzerstreuung bey der Brechung in verschiedenen durchsichtigen Mitteln nicht im Verhältnisse der brechenden Kraft derselben ist. Dollond fand bey seinen Versuchen, daß zwey Sorten in England gemachten Glases, *Crown-glas* und *Flint-glas*, zwar ziemlich gleiche Brechkraft besaßen, indem

indem bey erstem der Brechungssinus für die aus der Luft einfallenden Strahlen sich zum Einfallssinus verhielt, wie 154 zu 100, im letztern wie 153 zu 100; daß aber dagegen die Farbenzerstreuung im Crownnglase sich zu der im Flintglase verhielt, wie 2 zu 3. Er ersah hieraus; daß, wenn diese Glasarten gehörig mit einander verbunden würden, man so wohl in Kugelflächen als dreyseitigen Prismen eine Strahlenbrechung zuwege bringen könnte, ohne daß sich das heterogene Licht von einander absonderte, und mithin, wider Newtons Meinung, so wohl rothe als violette Strahlen in einer gemeinschaftlichen Richtung ohne alle Spaltung aus dem Glase herausgehen könnten; und daß also zwey aus jenen verschiedenen Glasarten gemachte Linsen ein zusammengesetztes Objectivglas geben könnten, welches den aus dem Brechungsunterschiede des farbigen Lichts herkommenden Fehler gänzlich verbesserte.

§. 789. Um dies noch mehr zu erklären, setze man, daß zwey dreyseitige Prismen, eines aus gemeinem Glase, das andere aus Flintglase (§. 788.) gemacht seyen, und daß jenes bey jedem Grade, um welchen es die rothen Strahlen bricht, die violetten um 2 Minuten mehr, dieses aber bey jedem Grade, um welchen es die rothen bricht, die violetten um 3 Minuten mehr breche. Ferner sey der brechende Winkel des Prisma aus gemeinem Glase etwas größer, als dessen aus Flintglase, so daß, wenn das rothe Licht durch jenen um 6 Grade abwärts gebrochen wird, es durch diesen, der sich in entgegengesetzter Stellung

verfertigen sind, a. v. Franz. von Geo. Sim. Klügel. Leipzig. 1778. 4. *Klugel nova constructio lentis obiectivae duplicatae ab aberratione radiorum prorsus liberae*; in den Götting. gel. Anzeigen 1796. St. 47. S. 465.

§. 792. Da das von Spiegelflächen zurückstrahlende weiße Licht nicht in Farben zerstreuet wird, und also dadurch nicht die erwähnte Undeutlichkeit des Bildes entsteht, so veranlaßte dies Newton, den Gedanken, den schon Jacob Gregory. und vielleicht noch früher Merenne, gehabt hatte, anstatt des Objectivglases im Fernrohr einen Hohlspiegel zu gebrauchen, besonders zu benutzen. Diese Art der Fernrohre (§. 780.) führt den Namen der Spiegelteleskope (*Tubi reflectentes*).

§. 793. Die erste Art, das Newtonische Spiegelteleskop (*Tubus Newtonianus*), besteht aus einem Hohlspiegel, der in ein Rohr Φ eingesetzt ist, daß das andere Ende desselben der Spiegelfläche gegen über offen ist, welches nach dem Gegenstande zu gerichtet wird. Die Achse des Spiegels fällt mit der Achse des Rohrs zusammen. Die vom Hohlspiegel convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem kleinen Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen die Achse des Rohrs befestigt ist, noch ehe sie in dem Brennpuncte zusammentreffen, aufgefangen, und von demselben nun nach einer auf der Achse des Rohrs senkrechten Richtung nach dem zur Seite in dem Rohre befindlichen Oculare zurückgeworfen, in dessen Brennpuncte sie sich vereinigen und ein Bild machen. Weil man dieserhalb zur Seite in das Fernrohr hineinsieht, so ist auswendig mit der Achse desselben

ben parallel ein kleines Fernrohr, der Finder, durch welches man erst den zu betrachtenden Gegenstand sucht. Durch dieses Newtonische Spiegelteleskop sieht man den Gegenstand verkehrt, und so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Hohlspiegels enthalten ist.

In dem Rohre GHIN (Fig. 127.) das bey GN offen und bey HI verschlossen ist, steht der sphärische Hohlspiegel DC. Es sey die Mündung GN des Rohrs einem Gegenstande zu gerichtet, der so weit entfernt ist, daß die von einzelnen Punkten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. So kommen nun von des Object's oberstem Punkte der Strahleneylinder OO, und von dem untersten der Strahleneylinder BB. Die auf den Spiegel fallenden Strahlen OD, OC würden durch Reflexion das Bild des Punctes O in o in des Spiegels Achse machen, und die Strahlen BD und BC das Bild des Punctes B in b. Allein ehe sie zu einem Bilde zusammentreffen, werden sie von dem unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Spiegels geneigten kleinen Planspiegel TV aufzufangen, und nach dem Seitenrohre SR zu geworfen. Da hierbey die Convergenz der Strahlen nicht vermehrt und vermindert wird, so kommt die Spitze b des Strahlenkegels DbC nach β , und die Spitze o des Strahlenkegels DoC nach ω , und $\omega\beta$ ist also das Bild des entfernten Gegenstandes OB. Davon ω , β ausfahrenden divergirenden Strahlen treffen auf die convexe Linse z, und werden durch die Brechung darin zu parallelen, und schneiden sich als solche in K. Das Auge in K sieht also das Bild des Gegenstandes deutlich, und zwar unter dem Sehwinkel $\beta\omega = b\omega$.

Wenn nun das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand für sich unter dem Winkel ODB $= bDo$ wahrnehmen. Wenn wir, wie bey den vorigen Arten der Fernrohre, ho für einen Bogen nehmen, der die Winkel bDo und $b\omega$ mißt, so ist $b\omega : bDo = \frac{bo}{\omega a} : \frac{bo}{Do} = Do : \omega a = Do : \omega\beta$. Der Sehwinkel vom Bilde $\omega\beta$ verhält sich demnach zum Sehwinkel des Gegenstandes OB mit bloßen Augen betrachtet, wie die Brennweite DO des Hohlspiegels zur Brennweite ωa des Oculars; oder der Gegenstand wird so vielmal vergrößert wahrgenommen, als die Brennweite des Oculars in der des Hohlspiegels enthalten ist.

Da nähere Gegenstände einen längern, weitere einen kürzern Focus haben, so müssen der kleine Planspiegel TV und das Ocular einander mehr genähert oder von einander mehr entfernt werden können.

Hebris

trennte. Newton hatte diesen Fehler für unverbesserlich gehalten, und deshalb die nachher anzuführenden reflectirenden Teleskope ausgegeben. Johann Dollond behauptete zwar erst den Newtonischen Satz gegen Euler; allein er fand nachher doch, nachdem besonders Klingenstierna Newtons Satz näher geprüft hatte, daß er geirrt habe, und war der Erste, der ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr zu Stande brachte. Die Einrichtungen dieser Fernrohre hat nachher theils er selbst, theils sein Sohn ansehnlich verbessert, und sie führen auch noch nach ihm den Namen der Dollond'schen, Fernrohre.

1f. Newton optico, L. I. P. III. pr. 83. S. 106. Sur la perfection des verres objectifs des lunettes, par Mr. Euler; in d. Mem. de l'acad. roy. des sciences de Prusse. 1747. S. 274. Anmerkung über das Gesetz der Brechung der Lichtstrahlen von verschiedener Art, wenn sie durch ein durchsichtiges Mittel in verschiedene andere übergehen, von Sam. Klingensstierna; in den Schwed. Abhandl. vom J. 1754. S. 300. An account of some experiments concerning the different refrangibility of light, by John Dollond; in den philosophic. transact. Vol. L. S. 733.

§. 788. Die Möglichkeit achromatischer Fernrohre, oder vielmehr die Möglichkeit, den Fehler der Glaslinsen, der von der verschiedenen Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des Lichts entspringt (§. 727.), zu heben, beruht auf dem oben angeführten Satze (§. 733.): daß die Farbenzerstreuung bey der Brechung in verschiedenen durchsichtigen Mitteln nicht im Verhältnisse der brechenden Kraft derselben ist. Dollond fand bey seinen Versuchen, daß zwey Sorten in England gemachten Glases, Crownglas und Flintglas, zwar ziemlich gleiche Brechkraft besaßen, indem

indem bey erstem der Brechungssinus für die aus der Luft einfallenden Strahlen sich zum Einfallssinus verhielt, wie 154 zu 100, im letztern wie 153 zu 100; daß aber dagegen die Farbenzerstreuung im Crownglase sich zu der im Flintglase verhielt, wie 2 zu 3. Er ersah hieraus; daß, wenn diese Glasarten gehörig mit einander verbunden würden, man so wohl in Kugelflächen als dreyseitigen Prismen eine Strahlenbrechung zuwege bringen könnte, ohne daß sich das heterogene Licht von einander absonderte, und mithin, wider Newtons Meinung, so wohl rothe als violette Strahlen in einer gemeinschaftlichen Richtung ohne alle Spaltung aus dem Glase herausgehen könnten; und daß also zwey aus jenen verschiedenen Glasarten gemachte Linsen ein zusammengesetztes Objectivglas geben könnten, welches den aus dem Brechungsunterschiede des farbigen Lichts herkommenden Fehler gänzlich verbesserte.

§. 789. Um dies noch mehr zu erklären, setze man, daß zwey dreyseitige Prismen, eines aus gemeinem Glase, das andere aus Flintglase (§. 788.) gemacht seyen, und daß jenes bey jedem Grade, um welchen es die rothen Strahlen bricht, die violetten um 2 Minuten mehr, dieses aber bey jedem Grade, um welchen es die rothen bricht, die violetten um 3 Minuten mehr breche. Ferner sey der brechende Winkel des Prisma aus gemeinem Glase etwas größer, als dessen aus Flintglase, so daß, wenn das rothe Licht durch jenen um 6 Grade abwärts gebrochen wird, es durch diesen, der sich in entgegengesetzter Stellung befinden

befinden muß, um 4 Grade aufwärts gebrochen werde. Man wird nun leicht einsehen, daß die violetten Strahlen im erstern Prisma um 6 Gr. 12 Min. herab, im zweyten um 4 Gr. 12 Minuten hinauf gebrochen werden müssen, und daß sie also bey dem Austritte aus dem letztern noch um 2 Gr. abwärts gebrochen bleiben, also gerade um so viel, als es bey den rothen Strahlen der Fall ist; daß folglich so wohl rothe als violette Strahlen unter einem gleichen Brechungswinkel von 2 Graden ausfahren, ohne sich folglich zuerspalten; und daß mithin zwar die Farbenzerstreuung, aber nicht die Brechung selbst, aufgehoben werde.

§. 790. Wenn nun zwey Glaslinsen, eine erhabene aus Crown-glas, und eine hohle aus Flint-glas, zusammen ein Objectiv-glas ausmachen, so kann man sie füglich als zwey in entgegengesetzter Stellung der brechenden Winkel auf einander liegende Prismen betrachten, und es wird sich in denselben die Strahlenbrechung auf gleiche Weise verhalten, oder die Farbenzerstreuung wird aufgehoben werden, ungeachtet die Brechung des Lichts bey dem Ausgange noch verbleibt, falls nur der Krümmungshalbmesser des Hohlglases zu dem des erhabenen Glases das dazu nöthige Verhältniß hat. Es wird der aus der verschiedenen Brechbarkeit des farbigen Lichts herrührende Fehler der Objectivgläser gehoben, wenn die Farbenzerstreuung (*Discremen refractionis*) in dem erhabenen Glase sich zur Farbenzerstreuung in dem hohlen verhält, wie die Brennweite paralleler Strahlen im erstern

ertern zu der im letztern, oder wie die Halbmesser ihrer Krümmungen (§. 708. 714.), wenn ein gleichförmig biconcaves Glas mit einem gleichförmig biconveren verbunden wird.

Noger Jos. Boscorich Abhandlung von den verbesserten dioptrischen Fernrohren. Wien 1765. 8.

§. 791. Die wesentliche Einrichtung dieser achromatischen Fernrohre ist also, daß das Objectiv aus zwey ganz nahe zusammengestellten Linsen von so genanntem Crown- und Flintglase zusammenge setzt wird. Hinter die biconvere Linse nämlich aus Crown- glase wird eine biconcave Linse aus Flintglase gesetzt, deren Krümmungshalbmesser sich gegen einander verhalten, wie die respectiven Farbenzerstreuungen dieser Glasarten. Man macht das Objectiv auch noch vollkommener dreyfach, aus zwey converen Linsen aus Crown- und einer dazwischen befindlichen biconcaven aus Flintglase. Diese Objective vertragen eine weit stärkere Vergrößerung, als die einfachen, und brauchen eine viel kürzere Brennweite zu haben. Das Flintglas hat keine starke zerstreuende Kraft wohl vom bergemischten Bleysalze; nur hält es schwer, dieses Glas vollkommen klar und ohne Streifen und Wellen zu erhalten.

Von der Theorie der achromatischen Fernrohre siehe mons Mémoire sur les moyens de perfectionner les lunettes d'approche par l'usage d'objectifs composés de plusieurs matières différemment réfringantes, par Mr. Clairaut, in den Mém. de l'acad. roy. des sc. 1756. S. 380. Second mémoire, ebend. 1757. S. 324. Sam. Kühn- gensterna tentamina de definiendis et corrigendis aberrationibus luminis in lentibus sphaericis reiracti, et de perficiendo telescopia dioptrico. Petrop. 1763. gr. 4. t. 1. f. 1. Fuß umständliche Anweisung, wie alle Arten von Fernrohren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfeinern.

verfertigen sind, s. d. Franz. von Geo. Sim. Klügel. Leipzig. 1778. 4. *Klûgel nova constructio lentis obiectivae duplicatae ab aberratione radiorum prorsus liberae*; in den Götting. gel. Anzeigen 1796. St. 47. S. 464.

§. 792. Da das von Spiegelflächen zurückstrahlende weiße Licht nicht in Farben zerstreuet wird, und also dadurch nicht die erwähnte Undeutlichkeit des Bildes entsteht, so veranlaßte dies Newton, den Gedanken, den schon Jacob Gregory, und vielleicht noch früher Merenne, gehabt hatte, anstatt des Objectivglases im Fernrohre einen Hohlspiegel zu gebrauchen, besonders zu benutzen. Diese Art der Fernrohre (§. 780.) führt den Namen der Spiegelteleskope (*Tubi reflectentes*).

§. 793. Die erste Art, das Newtonische Spiegelteleskop (*Tubus Newtonianus*), besteht aus einem Hohlspiegel, der in ein Rohr H eingesetzt ist, das das andere Ende desselben der Spiegelfläche gegen über offen ist, welches nach dem Gegenstande zu gerichtet wird. Die Achse des Spiegels fällt mit der Achse des Rohrs zusammen. Die vom Hohlspiegel convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem kleinen Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen die Achse des Rohrs befestigt ist, noch ehe sie in dem Brennpuncte zusammentreffen, aufgefangen, und von demselben nun nach einer auf der Achse des Rohrs senkrechten Richtung nach dem zur Seite in dem Rohre befindlichen Oculare zurückgeworfen, in dessen Brennpuncte sie sich vereinigen und ein Bild machen. Weil man dieserhalb zur Seite in das Fernrohr hineinsieht, so ist auswendig mit der Achse desselben

ben parallel ein kleines Fernrohr, der Finder, durch welches man erst den zu betrachtenden Gegenstand sucht. Durch dieses Newtonische Spiegelteleskop sieht man den Gegenstand verkehrt, und so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Hohlspiegels enthalten ist.

In dem Rohre GHIN (Fig. 123.), das bey GN offen und bey HI verschlossen ist, steht der sphärische Hohlspiegel DC. Es sey die Mündung GN des Rohrs einem Gegenstande zu gerichtet, der so weit entfernt ist, daß die von einzelnen Punkten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. So kommen nun von des Object's oberstem Punkte der Strahlencylinder OO, und von dem untersten der Strahlencylinder BB. Die auf den Spiegel fallenden Strahlen OD, OC würden durch Reflexion das Bild des Punktes O in o in des Spiegels Achse machen, und die Strahlen BD und BC das Bild des Punktes B in b. Allein ehe sie zu einem Bilde zusammentreffen, werden sie von dem unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Spiegels geneigten kleinen Planspiegel TV aufzufangen, und nach dem Seitenrohre SR zu geworfen. Da hierbey die Convergenz der Strahlen nicht vermehrt und vermindert wird, so kommt die Spitze b des Strahlenkegels DbC nach S, und die Spitze o des Strahlenkegels DoC nach s, und ss ist also das Bild des entfernten Gegenstandes OB. Davon s, S ausfahrenden divergirenden Strahlen treffen auf die concave Linse r, und werden durch die Brechung darin zu parallelen, und schneiden sich als solche in K. Das Auge in K sieht also das Bild des Gegenstandes deutlich, und zwar unter dem Sehwinkel $\beta_{ss} = \beta_{to}$.

Wenn nun das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand für sich unter dem Winkel ODB = β_{Do} wahrnehmen. Wenn wir, wie bey den vorigen Arten der Fernrohre, ho für einen Bogen nehmen, der die Winkel β_{Do} und β_{to} mißt, so ist $\beta_{to} : \beta_{Do} = \frac{ho}{to} : \frac{ho}{Do} = Do : to = Do : ss$. Der Sehwinkel vom Bilde ss verhält sich demnach zum Sehwinkel des Gegenstandes OB mit bloßen Augen betrachtet, wie die Brennweite DO des Hohlspiegels zur Brennweite to des Oculars; oder der Gegenstand wird so vielmal vergrößert wahrgenommen, als die Brennweite des Oculars in der des Hohlspiegels enthalten ist.

Da nähere Gegenstände einen längern, weitere einen kürzern Bogen haben, so müssen der kleine Planspiegel TV und das Ocular einander mehr genähert oder von einander mehr entfernt werden können.

Uebriß

Uebrigens sieht man leicht, warum man in diesem Teleskope den Gegenstand verkehrt wahrnehmen müsse.
Newton optice, p. 90.

§. 794. Bequemer für irdische Gegenstände ist die zweite Art, das Gregory'sche Spiegelteleskop (Tubus Gregoryanus), dem Dr. Zook besonders diese Einrichtung gegeben hat. Es ist nämlich, wie bei dem vorigen (§. 793.), ein Hohlspiegel in dem Rohre befestigt, der in der Mitte eine runde Oeffnung hat. Die von demselben convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem viel kleinern Hohlspiegel, der in einer der Summe der Brennweiten beider Spiegel gleichen Entfernung in der Achse des Rohres befestigt ist, aufgefangen, und als parallele durch die Oeffnung des größern Spiegels nach dem ersten Oculare zu geworfen, durch welches das umgekehrte Bild des Gegenstandes wieder aufrecht gebracht, und durch das zweite Ocular in dieser Stellung gesehen wird. Dieses Teleskop hat also Aehnlichkeit mit dem dioptrischen Erdrohre (§. 784.).

In dem Rohre GHNI (Fig. 124.) sey der in der Mitte mit einer kreisrunden Oeffnung versehene Hohlspiegel DC beschriftlich. Er reflectirt die Strahlen OD, OC, die von einem obern Punkte des sehr entfernten Objectes kommen, und die Strahlen BD, BC, die von des Objectes unterstem Punkte kommen, dergestalt, daß das umgekehrte Bild ob des Objectes OB hervorgebracht wird. In dem Rohre ist ein anderer kleiner Hohlspiegel TV. Ist dieser vom Bilde *bo* nicht so weit entfernt, als die Brennweite desselben beträgt, so werden die von *bo* ausgehenden divergirenden Strahlen von ihm als convergirend zurückgeworfen, und machen wiederum ein Bild in *uß*, das einerley Stellung mit dem Objecte hat. Die von *uß* divergirend ausgehenden Strahlen werden durch die Brechung in der concaven Linse LM zu parallelen und durchkreuzen sich als solche in K, wo sie das Auge empfängt und dadurch das Bild *uß* deutlich sieht.

Wenn der kleine Hohlspiegel TV um seine Brennweite von *bo* absteht, so werden die davon zurückgeworfenen Strahlen zu parallelen, und durch die Brechung in der Linse LM zu convergirenden. Sie machen hier ein Bild des

des Gegenstandes, das mit ihm einerley Stellung hat. Treffen nun die divergirenden Strahlen dieses Bildes wieder auf eine zweite erhabene Linse, die von der vorigen um die Summe der Brennweiten absteht, so werden sie dadurch zu parallelen, und das Auge sieht dadurch, wie beim Erdrobre, das Bild deutlich.

Jac. Gregorii optica promota. Lond. 1663. 4.

§. 795. Die dritte Art dieser catoptrico-dioptrischen Fernröhre ist das Cassegrainische Spiegelteleskop, das dem Gregorij'schen (§. 794.) ganz ähnlich ist, nur daß die vom größern Spiegel convergirend reflectirten Strahlen statt eines Hohlspiegels von einem kleinen erhabenen Spiegel reflectirt werden, noch ehe sie in ihrem Brennpuncte zusammenkommen, und zwischen beyden ein verkehrt liegendes Bild durch das concave Ocularglas gesehen wird.

§. 796. Die Spiegelteleskope waren vorzüglich beliebt, ehe die achromatischen Fernröhre erfunden waren. Sie können weit kürzer seyn, als ein gemeines dioptrisches von gleicher Güte. Aber ihre Spiegel müssen auch mit außerordentlicher Genauigkeit gearbeitet werden, und laufen an der Luft leicht an und werden unscheinbar. Gläserne Spiegel kann man wegen der doppelten Bilder, die sie machen, nicht gut dazu brauchen. Die Platina würde auch hier wieder die entschiedensten Vorzüge haben. Herr Herschel hat die Spiegelteleskope zu einem ganz außerordentlichen Grade der Vollkommenheit gebracht und sie von ungemainer Größe ausgeführt. Herr Schrader in Kiel hat ihm darin mit glücklichem Erfolge nachgeeffert. Bey diesen größern Teleskopen ist der Fangspiegel, der sich im Newtonischen (§. 793.) findet, weggelassen, und der Beobachter sieht von vorne in das Rohr.

Nach

Nachrichten von dem großen Herschelschen Spiegelteleskope (siehe man: in Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Physik, N. V. St. 1 S. 108.; Bodens astronom. Jahrb. 1790; Schlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 148.

Nachricht von Hrn. Herschels vierfüßigem Teleskope; in Grens neuem Journ. der Physik, B. III. S. 462. ff.

§. 797. Noch sind hier einige optische Fragen zu beantworten, die in dem Vorhergehenden keinen schicklichen Platz finden konnten.

- 1) Was ist die Ursach der Strahlungen, die wir an einer Lichtflamme wahrnehmen, wenn wir sie mit blinzenden Augen betrachten? Da die bemerkbarsten Strahlungen diejenigen sind, welche von unten divergiren, und wovon jede mit einer Verticallinie einen Winkel von etwa 7 Grad bildet; und da dieser Winkel dem gleich ist, welchen die Ränder der Augenlieder beim Schließen mit einer Horizontallinie machen: so ist es nach Hrn. Young offenbar, daß diese Strahlungen durch Reflexion des Lichts von diesen flachen Rändern der Augenlieder hervorgebracht werden. Die Seitenstrahlungen werden durch dasjenige Licht bewirkt, welches von den Seitentheilen des Pupillenrandes reflectirt wird, während der obere und untere Theil der Pupille durch die Augenlieder bedeckt sind.
- 2) Wodurch scheinen Funken zu entstehen, wenn das Auge im Dunkeln gedrückt oder gerieben wird? Ein breiter Druck, wie der vom Finger, auf den opaken Theil des Auges im Finstern, verursacht ein kreisförmiges Spectrum an der Stelle, welche der gedrückten gegen über ist; das Licht

licht des Discus ist schwach, das des Umkreises stärker. Wird hingegen eine schmale Fläche zum Drucke angewendet, wie der Knopf einer Stecknadel oder der Nagel, so ist das Bild schmal und hell. Offenbar rührt dies, nach Hrn. Young, von der Reizung der Netzhaut am gedrückten Theile her, und das Gemüth bezieht sie auf die Stelle, von welcher Licht, das durch die Pupille käme, auf diesen Fleck fallen würde. Weil die Reizung am Umkreise der niedergedrückten Stelle, wegen der größern Dehnung, am größten ist, so ist auch hier die Erscheinung am lebhaftesten. Wenn das Auge zu gleicher Zeit wirkliches Licht empfängt, so ist nur der Umkreis leuchtend, der Discus aber dunkel; und wenn das Auge an dem Theile, wo das Bild erscheint, ein Object sehen würde, so wird dies ganz unsichtbar und verschwindet. Es verwischt also die stärkere Reizung durch Druck die schwächere durch wirkliches Licht. Wenn der vordere Theil des Auges zu wiederholten Malen gedrückt wird, so daß dadurch eine Art von schmerzhafter Empfindung veranlaßt wird und ein fortdauernder Druck auf die Sclerotica Statt findet, während ein ununterbrochener Druck auf die Hornhaut gemacht wird; so nehmen wir gemeiniglich leuchtende, ästige, linien wahr, die einiger Maßen unter einander verbunden sind, und von jedem Theile des Gesichtsfeldes gegen ein Centrum, das etwas mehr nach außen und höher als die Augenhachse

genachste liegt, zu schließen. Wahrscheinlich wird hier eine ungleiche Bewegung der verschiedenen Stellen der Netzhaut, und mithin Reizung derselben, hervorgebracht, die das Urtheil erzeugt, das sonst mit der Reizung von wirklichem Lichte verknüpft ist.

Thom. Young oben (§. 772.) angef. Abhandl.

Nähere Untersuchungen über die Mischung und Entwicklung des Lichts, und seine Verbindung mit Wärmerestoff, als Feuer.

§. 798. Die Lehre, nach welcher das Licht als eine eigenthümliche Materie, die von den leuchtenden oder erleuchteten Körpern ausgeht und in wirklich progressiver Bewegung fortgepflanzt, vorgestellt wird, heißt das Emanationssystem, dem man die Lehre entgegensetzt, nach welcher das Licht zwar auch von einer eigenthümlichen Materie herrühren soll, die man Aether nennt, doch aber so, daß das Licht nur von einem gewissen Zustande dieses allenthalben verbreiteten Aethers, nämlich von einer schwingenden Bewegung desselben, herrühre. Die Gründe, welche sich gegen die Erklärungen der Phänomene des Lichts nach letzterm Systeme, machen lassen, sind von der Art, daß sich darauf keine befriedigende Antwort geben läßt.

Das Emanationssystem hat erst, seitdem es Newton zum Grunde legte und seine herrlichen Entdeckungen in der Lehre vom Lichte darauf bauete, sein großes Ansehen erhalten. Schon bey den Alten war die Meinung herrschend, daß das Licht ein Ausfluß eines materiellen Wesens sey; Epikur, Empedokles und die Corpuscularisten überhaupt, nahmen

Se. an, und machten daraus Erklärungen des Sehens, die aber freylich das Gepräge der gänzlichen Unbekanntheit mit den Phänomenen des Lichts, die uns die Experimenten- und Untersuchungen späterer Zeiten gelehrt haben, an sich tragen. Aus einer falsch verstandenen Stelle des Aristoteles (*De mente* II. 7.) nahmen die Scholastiker Anlaß, das Licht für unkörperlich, für eine bloße Qualität zu erklären. Ihre Gründe waren: 1) weil man sonst einen leeren Raum in der Natur annehmen müsse; 2) weil die Luft vom Feinsten zum Feinsten komme, ohne bemerkbare Theilung, ohne irgend eine Bewegung; 3) weil das Licht vom härtesten Krystalle, vom Wasser, u. dergl. durchsichtigen Körpern aufgenommen werde, und also an einem und eben demselben Orte mit diesen Körpern sey: Est ergo Accidens receptum in corpore, in quo aliud omnino corpus admitti non potest: 4) weil, wenn das Licht Substanz wäre, seine augenblickliche Verbreitung nicht begriffen werden könnte. Andere Gründe waren von der bey der Materias Lirät des Lichts entstehenden Hemmung und Hinderung der leuchtenden Ströme in ihrer Bewegung, von der daraus folgenden Verminderung der Sonnenmasse, von der Unmöglichkeit der Ausflüsse, die davon Statt finden müßten, hergenommen. Einige dieser Gegengründe müssen von selbst wegfallen, andere werden nachher ad hoc beantwortet werden. Cartesius (*Princip. philos.* P. III. §. 45. 63. 64. *Dioptrica* §. 3. 4. ff.) hielt das Licht für den Impulsus der Materie seines zweyten Elements, der von der schnellen Bewegung eines leuchtenden Körpers herrühre. Durch die schnelle und beständige Bewegung der Theilchen des ersten und feinsten Elements würden die harten Kugeln des zweyten Elements von allen Seiten gedrückt und gestoßen, und es pflanze sich dieser Stoß im Moment, ohne Zeit, durch alle geradlinige Reihen dieser Kugeln fort. Diesem Systeme steht entgegen: daß die Fortpflanzung des Lichts nicht instantan ist; daß sich daraus nicht einsehen läßt, warum z. B. das dichtere Glas durchsichtig, das lockerere Papier es nicht ist; daß nach dieser Hypothese folgen würde, daß nirgends Finsterniß seyn könne, indem sich der Impulsus der Kugeln des zweyten Elements nach allen Richtungen fortpflanzen müßte; und endlich daß das Daseyn dieses Elements ganz nur ängirt, nicht erwiesen ist. Huygens suchte dieses Cartesische System dadurch zu verbessern (*Traité de la lumiere*. à Loides 1690. 4.), daß er der Materie, von deren Impulsus die Entstehung des Lichts abhängt, und der er den Namen Aether giebt, Elasticität zuschreibt, und die Fortpflanzung des Lichts in derselben durch wellenförmige Bewegung, oder Wirbel, welche jedes von dem leuchtenden Körper bewegte Theilchen um sich her erregt, erklärt. Diese Huygenssche Meinung hat Euler (*nova theoria lucis et colorum*; in seinen *opusc. variis argument.* Berol. 1766. 8. 169. ff., und *Lettres d'une Princesse d'Allemagne*; T. I. L. 17 — 21.) in seiner so bekräftigt gewordenen Theorie zum Grunde gelegt und dem Gebäu

Sehnde durch seine markkinnigen Beredungen und seine fruchtbare Anwendung sehr viele Liebhaber erweckt. Er nimmt an, daß eine höchst subtile und elastische Materie, oder der Aether, im Weltraume ausgebreitet sey. Dieser Aether ist, seiner Berechnung zu Folge, 38736100 mal dünner, als die Luft, seine Elasticität ist aber 1287 mal größer, als die der Luft. Leuchtende Körper sind solche, deren Oberfläche in einem schnellen Zittern ihrer Theile ist, die dadurch den berührenden Aether eben so bewegen, wie die schallenden Körper durch ihre Schwingungen die Luft. Die Pulsus des Aethers pflanzen sich nach allen Seiten zu fort, wie die Radii einer Sphäre von ihrem Mittelpuncte. Die Succession dieser Schläge in einer und derselben geraden Linie macht den Lichtstrahl aus. Durchsichtige Körper sind solche, deren Substanz diese Schläge selbst fortpflanzt; spiegelnde Körper sind solche, deren Theile durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Pulsus desselben unter dem Reflexionswinkel zurücksenden. Euler bekräftigt zur Begründung seiner eigenen Hypothese das Newtonsche Emanationssystem mit folgenden Gründen: 1) Wenn sich die Natur nur bey geringen Distanzen der Ausflüsse bedient, z. B. bey dem Geruche, um die Empfindungen zu erregen, bey weitem Distanzen hingegen, wie zur Fortpflanzung des Schalles, keine solche Ausflüsse braucht, so muß sie auch, um noch entferntere Dinge dem Gesichte empfindbar zu machen, diese andere Fortpflanzungsart gewählt haben. — Ich muß gestehen, daß ich die Vündigkeit des Schlußes von dem Warum auf das Wie nicht gebdrig einsehe; auch dürfen in der Naturlehre keine Erklärungen aus Zweden geführt werden. 2) Wenn Emanationssysteme müßten die Himmelsräume mit der Materie des Lichts so anfüllen, und diese müßte mit einer so großen Geschwindigkeit bewegt werden, daß dadurch die Planeten in ihrem Laufe gestört werden würden. — Allein nicht zu gedenken, daß ein Theil dieses Einwurfs auf das Eulerische System selbst zurückfällt, und daß er ganz verschwindet, wenn man erwägt, daß in einer expansibelen, nicht schweren Flüssigkeit, wie das Licht ist, die Verschiebung seiner Theile kein Hinderniß der Bewegung eines Körpers darin seyn könnte. 3) Die unzählbaren Lichtstrahlen müßten sich nach so vielen Richtungen durchkreuzen, daß sie durch ihren Anstoß an einander sich in ihren Bewegungen nothwendig hemmen und stören würden. — Der Einwurf fällt weg, so bald man das atomistische oder mechanische System nicht zum Grunde des Emanationssystems zu legen braucht. 4) Die Sonne müßte durch den beständigen Ausfluß der Lichtstrahlen von derselben einen Abgang ihrer Masse erleiden, und wenn diese Verminderung der Sonne nach 4000 Jahre unmerklich seyn sollte, so müßte die Dichtigkeit der Lichtstrahlen an der Erde eine Trillion mal geringer seyn, als die Dichtigkeit der Sonne, welches unbegreiflich sey. — Hierauf aber läßt sich doch wohl antworten, daß durch einen uns unbekannten

Kannten Kreislauf das Licht wieder zur Sonne, als seiner Quelle, gebunden oder frey zurückkehren kann, um als freyes Licht von da wieder ausgesendet zu werden. Die Distanz des Lichts, die Euler berechnet, kann auch noch geringer seyn, ohne daß sie deswegen einen Widerspruch in sich selbst enthielte. Eine gleiche Bewandniß hat es 5) mit der unbezweifelichen Geschwindigkeit, die, nach dem Emanationsysteme, das Licht in seiner Bewegung haben müßte. Endlich 6) der Einwurf, daß die durchsichtigen Körper alle nach geradlinigen Gängen so durchbohrt seyn müßten, daß für die undurchdringliche Materie derselben kein Raum übrig bleibe, ist ebenfalls wieder von einer bloß atomistischen Vorstellungart hergenommen, und kann bey der Annahme einer chemischen Durchdringung auz, und gar nicht Statt finden. — Dagegen läßt sich auf der andern Seite gegen die Eulerische Theorie vom Aether selbst anführen: 1) Daß dabei ein Wesen angenommen wird, dessen Daseyn ganz nur kugirt, nicht erwiesen ist, und dessen Eristenz so gar nicht einmal ridalich ist. Denn wenn er ein elastisches oder expansibles Fluidum bildete, das nicht schwer ist und auch von keiner andern Materie angezogen wird, so müßte er sich durch seine Repulsionskraft ins Unendliche zerstreuen, d. h., es würde nirgends ein endliches Quantum desselben angetroffen werden, weil nichts ist, was seiner Ausspannungskraft Grenzen setzen könnte. Sollte er aber ein schweres elastisches Fluidum bilden, wie die Luft, so würde freylich seine Beschränkung möglich seyn: dann würden wir aber sein Daseyn durchs Gewicht entdecken müssen; und davon lehren uns die Erfahrungen nichts. 2) Das Licht breitet sich ganz anders aus als die Schallwellen; denn das Sonnenlicht, das durch eine Oeffnung in ein künftiges Zimmer fällt, müßte nicht bloß in der Jaeroben Linie, die sich von über Sonne durch die Oeffnung ziehen läßt, sondern an allen Orten im Zimmer gesehen werden, so wie man den Schall vor der Oeffnung außer dem Zimmer in demselben an allen Stellen hört.

§. 799. Der Zustand der Körper, worin sie leuchten, ist sehr häufig mit dem verbunden, worin sie erwärmen; oder Licht und Wärmestoff sind sehr häufig mit einander vereinigt. Diese Verbindung des Lichts mit Wärmestoff heißt Feuer; wie z. B. Sonnenfeuer, Küchenfeuer.

§. 800. Aus der sehr oft Statt findenden Coexistenz des Lichts mit Wärmestoff folgt aber nicht ihre
Iden-

Identität; folgt nicht, daß auch der Wärmestoff die alleinige, objective Ursach des leuchtens sey. Der Wärmestoff afficirt nur unser Gemeingefühl; das Licht nur unser Gesicht; beyde müssen also wesentlich verschieden seyn, wie es auch ihre übrigen Erscheinungen und die Geseze sind, die sie befolgen. Wäre das Licht sehr verdichteter Wärmestoff, so müßte nach einer ganz natürlichen Folge bey jedem leuchten eine hohe Temperatur zugegen seyn, wogegen doch die Erfahrung spricht. Das Licht aber sonst für eine Modification des Wärmestoffs erklären, ohne eine modificirende Ursach dazu anzunehmen, heißt Wirkungen ohne Ursach behaupten.

§. 801. Wir sehen, daß die Erleuchtung eines, auch von undurchsichtigen Materien eingeschlossenen, Raumes aufhört, wenn die Lichtquelle darin verlöscht, was nicht geschehen würde, wenn das Licht, das darin einmal verbreitet ist, diesen Raum fortdauernd als expansibles Fluidum erfüllte; ferner lehren die im Vorhergehenden schon erwähnten Erfahrungen, daß von den verschiedenen Körpern nicht alle Arten des farbigen Lichts, die zusammen das weiße Licht machen, zurückgeworfen werden, und daß eben deshalb Körper Farbe zeigen können; endlich wissen wir, daß wir im Stande sind, Körper, die an sich nicht leuchtend sind, in den Zustand zu versetzen, Licht zu entwickeln, wie z. B. alle Brennmaterialien, wenn wir sie anzünden. Aus allem diesem folgt nun, daß das Licht und die verschiedenen Arten desselben auch in einem Zustande seyn können, worin sie nicht mehr eine expansible

expansibele Flüssigkeit, und nicht mehr fähig sind, das Organ des Gesichts zu rühren.

§. 802. Aus dem Umstande nun, der durch die in der Folge näher anzuführenden Erfahrungen bestätigt wird, daß in allen den Fällen, wenn aus Körpern Licht entwickelt werden soll, durchaus ein gewisser Grad von Wärme nöthig ist, schließe ich, daß das Licht keine ursprünglich expansibele Flüssigkeit, sondern daß seine Expansibilität eine vom Wärmestoffe abgeleitete oder mitgetheilte, oder daß das Licht aus einer, an sich nicht expansibelen, eigenthümlichen Basis und dem Wärmestoffe zusammengesetzt sey.

§. 803. Diese eigenthümliche Basis des Lichts, die in chemischer Vereinigung mit dem Wärmestoffe erst das Licht macht und mit ihm eine specifisch verschiedene Materie constituirte, welche vermögend ist, das Organ des Gesichts so zu afficiren, wie es der Wärmestoff allein nicht zu thun im Stande ist, muß durch einen eigenen Namen unterschieden werden, und ich nenne sie Brennstoff oder Phlogiston.

Streptlich sollte ich mich fürchten, diesen Namen zu brauchen, da er für gewisse Leute schon allein ein hinreichender Grund seyn könnte, über mein ganzes Buch das Urtheil der Verwerfung auszusprechen. Aber das Urtheil solcher Leute, die sich durch bloße Autoritäten bestimmen lassen, wie ein Reitergericht, das kümmert mich nicht.

§. 804. Aus diesem Satze nun, daß das Licht eine aus Brennstoff und Wärmestoff zusammengesetzte Flüssigkeit sey, läßt sich eine Menge von Erscheinungen des Lichts und Feuers erklären, die sonst ganz unerklärt bleiben müßten.

§. 805. Wenn aus der Zusammensetzung des Brennstoffes mit Wärmestoff ein für unser Gesichtorgan bemerkbares leuchtendes Product entspringen soll, so muß ein gewisses quantitatives Verhältniß des erstern zum letztern in der Zusammensetzung Statt finden.

Es ist gleichwohl möglich, daß Wärmestoff, der nicht genug Brennstoff enthält, um vom menschlichen Gesichtsgorgane noch als Licht empfunden zu werden, für andere Thiergattungen doch noch Licht ist.

§. 806. Die verschiedenen Arten des farbigen Lichts, vom weißen bis zum violetten Lichte, rühren von dem verschiedenen Verhältnisse des Brennstoffes zum Wärmestoffe, nach unzähligen Abstufungen desselben, in der Zusammensetzung zum Lichte; her. Versuche, um dieses Mischungsverhältniß in dem farbigen Lichte des Prisma auszumitteln, hat Hr. Voigt angestellt.

Beobachtungen und Versuche über farbiges Licht, Farben und ihre Mischung, von Joh. Gottfr. Voigt; in Gerns neuem Journ. der Phys. B. III. S. 235. ff.

§. 807. Das Licht hört auf, vom Organe des Gesichtes empfunden zu werden, nicht allein, wenn seine Intensität bis auf einen gewissen Grad abnimmt, sondern auch, wenn das Verhältniß des Brennstoffes zum Wärmestoffe darin bis auf eine gewisse Grenze vermindert worden ist, wo es sich uns dann bloß noch als reiner Wärmestoff offenbaren kann.

§. 808. Das Licht kann ganz zerlegt und kann wieder zusammengesetzt werden; es kann ferner verändert werden oder in eine andere Art des farbigen Lichts

lichtes übergehen, wenn das Verhältniß seiner Bestandtheile geändert wird.

§. 809. Das Licht wird zerlegt, wenn seine Basis durch Anziehung anderer Substanzen dagegen vom Wärmestoffe getrennt wird, und dieser folglich allein als reiner, freyer Wärmestoff übrig bleibt, der nicht mehr leuchtend ist.

§. 810. Das Licht kann aber auch dadurch aufhören, leuchtend zu seyn, wenn es, ohne zerlegt zu werden, seiner ganzen Zusammensetzung nach durch Anziehung anderer Materien dazu, aufhört, expansibele Flüssigkeit zu seyn, oder figirt wird.

§. 811. Wenn das Licht andere Materien, durch die Anziehung derselben dagegen, durchbringt, ohne in seiner Zusammensetzung aufgehoben oder verändert zu werden, so sind diese Materien durchscheinend oder durchsichtig und farbenlos.

§. 812. Da aber diese farbenlosen durchsichtigen Materien gegen die specifisch verschiedenen Arten des farbigen Lichtes nicht gleiche Anziehung besitzen, so verursachen sie auch eine Absonderung des farbigen Lichtes aus weißem Lichte bey der Brechung. (§. 732.)

§. 813. Die Körper werfen das Licht zurück, das sie weder durch ihre Anziehung zur Basis desselben, zerlegen (§. 809.), noch sonst figiren (§. 810.); noch sonst unzerlegt, aus Mangel der Anziehung dagegen, durchlassen (§. 811.).

§. 814. Man läßt sich auch näher bestimmen, wie die Körper, der eben (§§. 802. 813.) angeführten Theorie gemäß, Farben zeigen. Eine jede Art des farbigen Lichts setzt ein anderes Mischungsverhältniß seiner Ingredienzien oder Grundstoffe voraus (§. 806.). Ein Körper erscheint daher gefärbt, ungeachtet er durch weißes Licht erleuchtet wird, wenn er die Zusammensetzung des Lichts, durch Anziehung eines Antheils der Basis desselben, nur zum Theil, nicht ganz aufhebt, oder dadurch das Mischungsverhältniß der Bestandtheile des Lichts abändert, und dieses so abgeänderte Licht reflectirt. Er erscheint z. B. roth, wenn er aus dem auf ihn fallenden weißen Licht durch Anziehung zur Basis desselben so viel von letzterer trennt, daß das Verhältniß des noch mit dem Wärmestoffe verbundenen Antheils Brennstoff zu diesem, dem Wärmestoffe, in dem zurückstrahlenden Licht sich so verhält, wie im rothen Licht. Ein Körper ist schwarz, wenn er das auf ihn fallende Licht ganz zerstreut und alle Lichtbasis vom Wärmestoffe trennt, so daß dieser nur allein übrig bleibt.

§. 815. Hiermit steht denn nun auch eine Thatsache in unmittelbarem Zusammenhange, daß nämlich die verschiedentlich gefärbten Körper von gleichem Einflusse des Sonnenfeuers darauf nicht gleich stark und gleich schnell erwärmt werden. So ist es bekannt, daß schwarze und dunkel gefärbte Körper von den Sonnenstrahlen stärker erhitzt werden, als weiße und hell gefärbte derselben Art. Zwen harmonisirende Thermometer, wovon die Kugel des einen durch
Rauch

Stand geschwärzt worden, die des andern aber rein, gelassen ist, den Sonnenstrahlen unter einerley Umständen ausgesetzt, werden nicht gleichförmig erhitzt werden; das geschwärzte wird eine höhere Temperatur anzeigen, als das reine. Versuche über diese ungleiche Erwärmung verschiedentlich gefärbter, und schwarzer und weißer Körper bey gleicher Intensität des darauf fallenden Sonnenfeuers haben *Muschenbroek*, *Franklin*, *Saussure* und *Pictet* angestellt. — Je mehr nämlich die Körper durch ihre Anziehung zum Brennstoffe das Licht zersetzen, je mehr sondern sie reinen Wärmestoff aus dem Lichte ab, je mehr verändern sie seine Action, zu erleuchten, in die zu erwärmen. Körper, welche das Licht ganz, ohne zerlegt zu werden, durchdringt, und die, welche es unzerlegt reflectiren, können daher nur in so fern erwärmt werden, als beym Lichte freyer Wärmestoff ist. — Die verschiedene Leitungskraft der verschiedenen Körper von einerley Farbe für den Wärmestoff kann übrigens die Resultate, von welchen hier die Rede ist, abändern.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. T. II. §. 1630. ff. *Franklin* Letters on philosophical Subjects. S. 56. *Pictets* Vers. über das Feuer, §. 183. ff. *Von Saussures* Reise durch die Alpen, Th. IV. §. 932. S. 109.

§. 816. Das Feuer, es sey Sonnenfeuer oder Küchenfeuer, erhitzt demnach die seinem Einflusse ausgesetzten Körper nicht allein nach Maaßgabe des freyen Wärmestoffes, der dabey ist, sondern auch nach Maaßgabe der stärkern oder schwächern Zerfetzung seines Lichts, die es von diesen Körpern erleidet; und man sieht leicht, daß die Erhitzung auf letztere Weise von

von der Natur der Körper oder von ihrer Anziehung zur Basis des Lichts abhängig ist.

§. 817. Jetzt erhellet nun auch, wie durch Verdichtung des Sonnenlichts die Fähigkeit desselben vermehrt wird, Hitze zuwege zu bringen, die Anwendbarkeit der Hohlspiegel zu Brennspiegeln (*Specula caustica, ustoria, ardeptia*), und der erhabenen Linsen zu Brenngläsern (*Vitra caustica, ustoria*), und die Ursach von der Benennung des Brennpunctes (*Focus*) bey Hohlspiegeln (§. 673.) und erhabenen Linsengläsern (§. 707.).

§. 818. Wie durch die Reflexion des Lichts der Sonne von Hohlspiegeln im Brennpuncte derselben Verdichtung des Sonnenlichts entstehen müsse, ist aus dem Vorigen (§. 673.) bekannt. Ein sphärischer Hohlspiegel kann nie alle Sonnenstrahlen, die auf ihn fallen, in einen Punct, sondern sie nur in einen engern Raum vereinigen (§. 673.), so daß der sphärische Sector, der von den reflectirten Strahlen gebildet wird, sich nicht in eine Spitze, sondern in eine Kreisfläche endigt, und also der Brennpunct eigentlich eine Kreisfläche ist, dessen Abstand vom Spiegel von der Größe und Krümmung der Sphäre abhängt, von welcher die Spiegelfläche ein Theil ist. Da die reflectirten Strahlen desto früher die Achse des Spiegels schneiden, je weiter sie von der Achse des Spiegels auf ihn treffen, so ist es überflüssig, einem Brennspiegel eine große Sehne zu geben, und gemeinlich mißt sie nur 60 Grade. Wenn nun der
Brenns

Brennspiegel, dessen Achse genau gegen den Mittelpunct der Sonnenscheibe gerichtet ist, alles Sonnenfeuer reflectirt, das auf ihn fällt, so würde die Intensität des Sonnenfeuers in seinem Brennraume sich zur Intensität des Sonnenfeuers auf seiner Fläche wie das Quadrat des Durchmessers des Spiegels zum Quadrate des Durchmessers des kreisförmigen Brennraumes verhalten. Da indessen kein Spiegel ein vollkommener Spiegel ist (§. 678.), so muß die Intensität des Feuers im Brennraume immer kleiner seyn, als nach dieser Berechnung. Gleichwohl ist die Hitze, die große Brennspiegel in ihrem Brennraume hervorbringen können, die größte, die wir zu erreichen im Stande sind. Beispiele großer Brennspiegel sind der Villettsche und Tschirnhausensche. Die Materie dazu kann mannigfaltig seyn, falls sie nur die gehörige Form und Politur annimmt und die Sonnenstrahlen gut zurückwirft. Gemeiniglich macht man sie von Metall. Auch ein convexes Linsenglas auf der erhabenen Seite belegt giebt einen Brennspiegel. Wenn der Brennspiegel die gehörige Wirkung thun soll, so muß seine Achse genau gegen den Mittelpunct der Sonne gefehrt seyn, und dies ist der Fall, wenn sich das Bild der Sonne auf einer Ebene, die die Achse des Spiegels lothrecht schneidet, völlig kreisrund abbildet. Diese Lage des Brennraumes macht daher manche Versuche mit dem Brennspiegel unbequem. Wegen des Sonnenlaufes und der daher entstehenden Veränderung des Brennraumes muß man dem Spiegel außer der nöthigen verticalen Bewegung auch die horizontale

kalte leicht geben können. Auch mehrere Planspiegel können als Brennspiegel dienen, wenn man sie so richtet, daß sie die aufgefundenen Sonnenstrahlen alle auf Eine Stelle werfen. Buffon hat diesen Versuch sehr glücklich ausgeführt. — Parabolische Hohlspiegel sind übrigens die vollkommensten Brennspiegel.

Muschenbroek a. a. D. S. 1623. ff. D. Jos. Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik. a. d. Engl. überf. mit Anm. von Ge. Sim. Klügel. Leipzig. 1776. 4. S. 171. 174. 101. ff. Buffon in den Mém. de l'Ac. roy. des sc. de Paris, 1747. S. 82. ff. 1748. S. 309. Courtyvon, ebendas. 1747. S. 449. ff. Hamburgisches Magazin, B. V. S. 269, B. XIV. S. 963. S. XVI. S. 313.

§. 819. Bequemer als die Brennspiegel (§. 818.) sind die Brenngläser, wozu man die biconvexen Glaslinsen (§. 705.) anwendet. Ihre Wirkung, die Sonnenstrahlen zu verdichten, läßt sich aus dem, was oben (§. 707.) vorgetragen worden ist, erklären. Weil aber nicht alles Sonnenfeuer, das auf sie fällt, auch durch sie geht, so ist auch ihre Wirkung bey gleicher Breite mit den Brennspiegeln kleiner. Wegen der Abweichung der Strahlen, die bey der Brechung von der Gestalt des Glases herrührt (§. 709.), ist es auch unnütz, den Brenngläsern eine Breite über 60 Gr. zu geben. Man sieht leicht, daß sie in dieser Hinsicht um desto größer oder von desto größerm Durchmesser seyn können, je größer der Radius ihrer Krümmung ist. Da ihr Brennraum, wie aus der Strahlenbrechung in diesen Gläsern bekannt ist (§. 709.), kein Punct ist, sondern noch eine merkliche Breite hat, so sucht man diesen bey großen Brenn-

gläsern

gläsern noch durch ein zweites Glas, das Collectiv-
glas, das mit dem erstern genau auf einerley Achse
steht, in einen kleinern Brennraum zu verdichten.
Man stellt das Brennglas so, daß seine Achse immer
genau gegen den Mittelpunkt der Sonne gefehrt ist,
zu welchem Ende man ihm so wohl eine horizontale
als verticale Bewegung muß geben können. Die
Gluth in dem Brennraume großer Brenngläser kann
den heftigsten Grad erreichen. Beispiele großer, sehr
wirksamer Brenngläser sind die Eschirnhaufen-
en, wovon das größere 33 Zoll (paris.) im Durchmesser,
und 12 F. Brennweite hatte. — Auch durch Ver-
bindung zweyer Hohlgläser, deren Zwischenraum mit
einer durchsichtigen Flüssigkeit, wie z. B. Wasser,
Terpenthinöl, ausgefüllt ist, lassen sich Brenngläser
darstellen, wovon das so genannte Troudainische
ein Beispiel ist. Erfahrungen über die große Hitze in
dem Brennraume so wohl eines großen Eschirnhaufen-
schen als des Troudainischen Brennglases erzählt
Macquer. — Auch Glasugeln mit Wasser gefüllt
können Brenngläser abgeben.

Der. Jos. Macquers chymisches Wörterbuch, übers. von Leon-
hardi, Bd. I. S. 454.

§. 820. Der freye Wärmestoff, der bey'm Son-
nenlichte ist, kann, wie das Licht, durch Brennspie-
gel convergirend zurückgeworfen werden (§. 545.);
ob er aber auch mit dem Lichte in den Brenngläsern
gebrochen werde, das ist noch nicht genau ausge-
macht. So viel ist gewiß, daß das Glas im Stande
ist, den freyen Wärmestoff bey'm Lichte, durch seine
Anzie-

Anziehung dazh, zum Theil abzusondern. Weil beym Küchenfeuer das Verhältniß des Lichts zum Wärmestoffe weit geringer ist, als im Sonnenfeuer, so erhellet auch der Grund, warum man sich durch eine vor das Gesicht gehaltene Glastafel eine Zeit lang vor der Gluth des Kaminfeuers, nicht aber des Sonnenfeuers, schützen könne.

§. 821. Vielleicht ist das Verhältniß des freyen Wärmestoffes zum Lichte im Sonnenfeuer nur sehr geringe; und daraus ließe sich erklären, warum die Sonnenstrahlen bey ihrem Durchgange durch die Luft, die nur wenig Licht zerlegt, die Luft selbst nur wenig erwärmen könne. In der Zerlegung des Sonnenlichts durch den Erdboden und die Körper darauf, ist auch wohl der vorzüglichste Grund zu suchen, warum die niedrigeren Gegenden der Atmosphäre an der Erdoberfläche eine höhere Temperatur, als die höhern Regionen derselben haben.

§. 822. Billig kann man nun fragen: Was wird aus der Basis des Lichts, wenn dieses durch andere Körper zerlegt und der Wärmestoff davon geschieden wird? Die Erfahrung lehrt, daß wir Licht aus unzähligen Körpern, die an sich nicht leuchtend sind, auf mannigfaltige Weise entwickeln und sie so zu ursprünglich leuchtenden Körpern machen können; und zwar können wir drey Arten dieser Lichtentwicklung aus Körpern unterscheiden, nämlich: 1) das **Verbrennen** verbrennlicher Substanzen; 2) das **Leuchten** unverbrennlicher Stoffe, oder auch verbrennlicher,

näher, ohne Verbrennen; und 3) die Electricität. In allen diesen Fällen wird das Licht, das dabey zum Vorschein kommt, erst zusammengesetzt und erzeugt, aus seiner Basis, oder dem Brennstoffe, und dem Wärmestoffe; und es ergiebt sich daraus die Antwort auf die vorstehende Frage: daß das Licht bey seiner Zerfetzung oder so genannten Einfangung theils durch chemische Verbindung seiner Basis mit gewissen andern Stoffen sie zu verbrennlichen mache; theils durch bloße Adhäsion dieser Basis an andere Substanzen sie in den Brand setze, durch bloße Erhitzung, ohne eigentliches Verbrennen, Licht zu entwickeln; theils endlich zur electricischen Materie werde.

§. 823. Das Verbrennen (Combustio) entzündlicher Körper (§. 822.) ist Erzeugung von Feuer durch Zerfetzung des Sauerstoffgas, oder allgemeiner, durch Aufnahme des Sauerstoffes von der verbrennlichen Substanz. Diese Art der Erzeugung des Lichts und der Entwicklung des Wärmestoffes wird im folgenden Abschnitte näher untersucht werden. Die Erregung des Lichts durch Electricität (§. 822.) kann auch erst in der Folge betrachtet werden. Es bleibt also hier nur die Erzeugung des Lichts durch bloße Erhitzung unverbrennlicher Körper, oder auch verbrennlicher, doch ohne Verbrennen derselben, übrig. Hierher gehören als Beispiele die Funken, welche Glas, Feuerstein, u. a., durch Erhitzung bey heftigem Reiben, z. B. an einem umlaufenden Wälzsteine, geben; das Licht, welches Feuersteine, zwen Cayolonge, selbst unter Wasser gerieben, nach Herrn
Lichten

Lichtenbergs Erfahrung, zeigen; das leuchten des mit wenigem Wasser frisch gelöschten Kalks im Dunkeln; das leuchten des **Lombertischen Phosphorus** aus salzigsauren Kalkerde beim Reiben; die Erscheinung der so genannten **Lichtmagnete**, oder solchen **Leuchsteine** die erst dem Tageslichte ausgesetzt werden müssen, wenn sie im Dunkeln leuchten sollen; das leuchten sehr vieler Körper nach **Wedgwood's** Erfahrungen, wenn sie bis auf einen gewissen Grad erwärmt worden sind; das leuchten eines Gemenges von Schwefel und Kupferseil beim Zusammenschmelzen mit Ausschluss der Luft nach van **Erstwyf**, **Delam** u. A. Das leuchten der Körper, das ein schwaches Verbrennen derselben ist, gehört nicht hierher. Das Licht, das die Körper durch bloße Erhitzung oder Erwärmung, ohne eigentliches Verbrennen, zeigen, rührt von dem Brennstoffe her, den sie durch die Zersetzung des Lichts aufgenommen hatten, der aber nicht chemisch damit verbunden zu seyn, sondern ihnen nur zu abhären scheint, und daher durch eine höhere Temperatur ihnen wieder entzogen werden kann, indem er sich dann wieder mit dem Wärmestoffe zum Lichte verbindet und als solches austritt. Doch kann auch chemisch gebundener Brennstoff durch Veränderung der Mischung, (wie z. B. beim Zusammenschmelzen des Schwefels mit Kupfer, beim Lösen des Kalks mit Wasser,) und daher entstehender Verminderung der Capacität der Materie zu demselben, durch den Wärmestoff als Licht ausgeschieden werden.

Ueber das Leuchten verschiedener Körper beim Erhitzen oder
 Aneinanderreiben, von J. Wedgwood; in **Erst** Journ.
 der

der *Physik*, B. VII. S. 45. Versuche über die Entzündung des Schwefels mit Metallen, ohne Gegenwart der Lebensluft, von Hrn. Deman, *Lustwyl* 10.; in *Cressa chem. Annalen*, 1793. B. II. S. 383. ff. *Iac. Bart. Beccarii de quatuor plurimis phosphoris nunc primum detectis commentarius*; in den *comment. bononiens.* T. II. P. II. S. 136. ff. P. III. S. 498. ff.; überles: im allgem. *Magaz. der Natur, Kunst und Wissenschaften*, Th. VI. S. 1181. ff. Th. VII. S. 163. ff.

§. 824. Hierher gehört auch die leuchtende Hitze unterbrennlicher Substanzen durch mitgetheiltes Glühen. Wenn es, wie Einige annehmen, bloß daher rührete, daß diese Körper durch Erweiterung ihrer Poren in der Hitze das Licht frey durchließen, so müßte durch Entfernung derselben aus dem Feuer ihr Glühen auch sogleich aufhören; sie behalten aber ihre leuchtende Hitze eine merkliche Zeit fort, und zwar mit veränderter Art des ausströmenden Lichts, wie man am besten wahrnehmen kann, wenn man ihr leuchten an einem dunkeln Orte beobachtet. Sie gehen beim allmählichen Erkalten vom Weissglühen bis zum dunkeln Rothglühen verschiedene Nuancen des Lichts durch. Es ist mir wahrscheinlich: daß hierbei das Licht seiner ganzen Substanz nach, also ohne zersezt zu werden, von den Körpern angezogen werde und ihnen adhäre; daß die Capacität der Körper dazu in der höhern Temperatur zunehme; und daß sie nun beim Erkalten es nach und nach wieder, wegen Abnahme ihrer Capacität dagegen, entlassen. — Vielleicht findet bey den vorher erwähnten so genannten Lichtmagneten (§. 823.) etwas Aehnliches Statt.

§. 825. Nach der bisher vorgefragenen Theorie von der Zusammensetzung des Lichts muß man also dasselbe

sehen, damit nichts von derselben entweichen kann; ihr Volum nimmt aber bald ab, und das Quecksilber steigt über das gemachte Zeichen in dem Cylinder durch den Druck der äußern Luft empor. Nachdem alles erkaltet und auf die vorige Temperatur zurückgebracht ist, so findet man die rückständige Luft um ein Merkliches in ihrem Volum vermindert, so daß bey genau angestellter Messung etwa 0,25 bis 0,27 ihres vorigen Volums fehlen. Wenn die Luft und das Quecksilber recht trocken waren, so findet man die Fläche des Quecksilbers und des Cylinders mit einem weißen Salze bedeckt, das sauer schmeckt, sich leicht im Wasser auflöst und an der freyen Luft zu einer sauern Flüssigkeit zerfließt. Es ist Phosphorsäure, und sie wiegt, noch ehe sie zerfließt, mehr als der Antheil Phosphor, der dabey verbrannt ist, dergestalt, daß jedet Gran Phosphor beym gänzlichen Verbrennen etwa $2\frac{1}{2}$ Gran dieser trockenen Säure liefert. In 12 Cubitzoll (paris.) atmosphärischer Luft kann man etwa 1 Gr. (franz.) Phosphor verbrennen; die Luft nimmt dabey etwa um 3 Cubitzoll oder $1\frac{1}{2}$ Gran ab, und diese Abnahme correspondirt der Zunahme des Gewichts der erzeugten Phosphorsäure. Die bey diesem Prozesse übrig bleibende Luft ist zum fernern Verbrennen des Phosphors so wohl als jedes andern verbrennlichen Körpers unfähig; auch ersticken Thiere darin.

Lavoisier traité élémentaire de Chimie. T. I. p. 38 — 66.

§. 828. Diese Erscheinungen (§. 827.) finden bey allem und jedem Verbrennen Statt, und so lassen sich

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 561

sich folgende Umstände als ganz allgemein festsetzen:

- 1) Zur Entzündung jedes verbrennlichen Körpers ist ein gewisser Grad von Erhitzung desselben nöthig, der nach der Natur desselben größer oder geringer ist.

Wenn z. B. Phosphor entzündet werden und verbrennen soll, so muß er wenigstens erst 30° R. erhitzt seyn; Schwefel fängt erst an zu brennen, wenn er über seinen Schmelzpunct erhitzt ist; Kohle muß bis zum Glühen erhitzt seyn.

- 2) Beim Ausschlusse der atmosphärischen Luft geschieht kein Verbrennen; und es geschieht um desto lebhafter, je mehr ihr Zutritt befördert wird.

Wir vermehren daher das Verbrennen und verstärken die Gluth, je mehr wir den Luftzug zum brennenden Körper befördern. Dies beweiset die Wirkung des Löthrohrs, der Blasbälge und anderer Arten des Gebläses, des beschleunigten Luftzugs der Winds öfen, und endlich die Argand'sche Lampe.

- 3) In einer gegebenen Menge von atmosphärischer Luft kann nur eine gewisse Menge des verbrennlichen Körpers verbrennen.

So kann z. B. in 12 Cubik. (paris.) atmosphärischer Luft etwa nur 1 Gr. (paris.) Phosphor verbrennen; der übrige bleibt unverbrannt übrig.

- 4) Die atmosphärische Luft, worin ein Körper gehörig verbrannt worden ist, ist, bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur, im Gewichte und Umfange vermindert, und hat die Fähigkeit verloren, zum fernern Verbrennen und zur Respiration für Thiere zu dienen.

- 5) Der verbrannte Rückstand des Körpers, (er sey nun fest, oder tropfbar-flüssig, oder-bilde

N n

ein

ein elastisches Fluidum,) wiegt um so viel mehr, als das Gewicht des verschwundenen Antheils der atmosphärischen Luft beträgt.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

§. 829. Offenbar ist also unsere atmosphärische Luft, (die wir hier von der Atmosphäre selbst unterscheiden,) aus zwey verschiedenen Luftarten zusammengesetzt: aus einer, die allein das Verbrennen zu unterhalten fähig ist, die beym Acte des Verbrennens selbst zersezt wird, die allein zu den Functionen der Respiration für Thiere fähig ist, die höchstens etwa 0,27 der atmosphärischen Luft ausmacht, und die wir durch den Namen der Lebensluft (Aër vitalis), oder des Sauerstoffgas (Gas oxicum), (aus Gründen, die sogleich erhellen werden,) unterscheiden; und dann aus einer andern Luftart, die nicht zur Unterhaltung des Verbrennens geschickt ist; worin Thiere ersticken, die wenigstens etwa 0,73 Theile darin beträgt, und die den Namen des Stickgas (Gas azotum) erhalten hat.

§. 830. Diese beyden Gasarten finden sich aber in der atmosphärischen Luft nicht an allen Orten und nicht immer in gleichem Verhältnisse, indem in und an der Atmosphäre beständig solche Prozesse vorgehen, woben die Lebensluft (§. 829.) zerstört und zersezt; andere, woben sie erzeugt und hervorgebracht wird.

Carl Wilhelm Scheele chemische Abhandlung von Luft und Feuer, Leipzig 1782. 8. Lavoisier a. a. O. S. 33. ff.

Sauer-

3. Sauerstoffgas. Sauerstoff.

§. 831. Einige Substanzen, welche das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft in der Hitze zersetzen und die Grundlage derselben in sich nehmen, entlassen diese letztere wieder in einer stärkern Hitze des Glühens, wie z. B. das Quecksilber, so daß man dadurch im Stande ist, diesen Bestandtheil der atmosphärischen Luft vom Stickgas abgefondert für sich darzustellen. Sonst kann man noch aus vielen andern Körpern in der Glühhitze das Sauerstoffgas reichlich gewinnen, wie z. B. aus Salpeter und dem Braunsleine (dem natürlichen Magnesiumsalze). Wir wollen hier den letztern dazu wählen.

§. 832. Man fülle eine kleine irdene Retorte mit reinem gepulverten Braunsleine, fütte an die Mündung ihres Halses eine blecherne Röhre luftdicht an, lege die Retorte in einen Windofen, bringe die Mündung der Röhre unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats (§. 609.), und erhitze die Retorte allmählig und stufenweise bis zum Glühen. Erst geht die atmosphärische Luft der Gefäße über, beim Glühendwerden des Braunsleins aber entwickelt sich die Lebensluft oder das Sauerstoffgas, das sich dadurch zu erkennen giebt, daß ein glimmender Holzspan darin von selbst zur Flamme ausbricht. Wenn keine Luft mehr kommt, nimmt man die Mündung der Röhre aus dem Wasser, und läßt die Retorte erkalten.

§. 833. Dieses Gas unterscheidet sich nun auffallend von der atmosphärischen Luft, ob es gleich in einigen Eigenschaften mit ihr überein kommt. Es ist geschmack- und geruchlos; wird vom Wasser nicht zerlegt; ist etwas specifisch schwerer, als atmosphärische Luft (§. 368. S. 253.); und ist zur Respiration für Thiere und zur Unterhaltung des Verbrennens weit fähiger, als die letztere. Ein Thier erstickt im eingeschlossenen Raume dieser Luft viel später, als in einem gleich großen eingeschlossenen Raume von atmosphärischer Luft. Ein verbrennlicher Körper, wenn er 4 Cubikfuß atmosphärischer Luft zu seinem gänzlichen Verbrennen erfordern würde, hat nur Einen Cubikfuß Sauerstoffgas dazu nöthig. Die Intensität des Verbrennens, oder die Entwicklung des Feuers dabei, ist weit stärker, als in atmosphärischer Luft. Eine Wachskerze brennt darin mit hellerer und gedehnterer Flamme und knisterndem Geräusche. Das glimmende Docht derselben wird darin wieder zur Flamme erweckt. Zunderschwamm, der sonst nur glimmt, brennt darin mit Flamme. Glühende Kohlen verzehren sich darin weit schneller und brennen mit stärkerem Scheine. Eine zugespitzte stählerne Uhrfeder, die vorher an der Spitze glühend gemacht ist, oder an welche man ein Stückchen angezündeten Zunderschwamm gesteckt hat, verbrennt darin mit vielem Funkensprühen. Besonders stark und ungemein leuchtend aber ist die Flamme des darin verbrennenden Phosphors. Durch ein Löthrohr auf die Flamme einer Kerze geleitet, kann man damit eine Hitze hervorbringen, welche
der

der Hitze großer Brenngläser und Brennspiegel gleich kommt.

(Jugendst. vermittelte Schriften, Bd. I. S. 203. ff. S. 365. ff.
Des Hrn. von Humboldt Apparat, vermittelst des Sauerstoffgas in unterirdischen Gruben bey bösen Wetteru und Schwaden derselben zu respiriren und eine Lampe brennend zu erhalten. S. Lenz's chemische Annalen 1796. S. II. S. 99. ff. 195. ff.

§. 834. Man unternehme nun den Prozeß des Verbrennens des Phosphors im eingeschlossenen Raume dieses Sauerstoffgas auf dieselbige Art, als in atmosphärischer Luft (§. 827.). Man fülle zu dem Ende einen Cylinder mit Quecksilber in einer Schale, und lasse etwa die Hälfte seines Inhalts Sauerstoffgas hinauftreten. Man bringe dann ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder, das in dem Quecksilber emporsteigt und darauf schwimmt, man zünde es unter dem Cylinder vermittelst eines Brennglases an. Wenn der Phosphor verbrannt ist, bringe man wieder frischen darunter, wiederhole das Verbrennen, u. s. f. Man findet nun, daß hierbey alles eben so vorgeht, wie beym Verbrennen in atmosphärischer Luft: nur mit dem Unterschiede, daß die Stärke des Feuers dabey größer ist; daß mehr Phosphor in gleichem Raume dieses Gas verbrennen kann; und daß, wenn Phosphor zum Verbrennen genug da und das Sauerstoffgas ganz rein ist, die Luft ganz und total verschwindet. Gewöhnlich findet man indessen einen geringen Rückstand von Stickgas, das damit vermischt war. Die gebildete Phosphorsäure ist hierbey von eben der Art, als beym Verbrennen in atmosphärischer Luft, und wiegt ebenfalls, auch noch et-
sie

sie zerfließt, und selbst nach dem Ausglühen, mehr, als der dazu verwendete Phosphor. Diese Zunahme des Gewichts correspondirt dem Gewichte des dabei verschwundenen Sauerstoffgas.

§. 835. Nach Lavoisiers genauer Bestimmung verschwinden bei dieser Operation durch das totale Verbrennen von 45 Gr. (franz.) Phosphor 138½ Cubikz. (franz.) oder 69,375 Gr. Sauerstoffgas, und es bilden sich 114,375 Gr. feste Phosphorsäure; oder 100 Theile Phosphor verzehren beim Verbrennen 154 Theile Sauerstoffgas dem Gewichte nach, und geben dann 254 Theile feste Phosphorsäure.

Lavoisier a. a. O. S. 59. ff.

§. 836. So wohl das Verschwinden des Sauerstoffgas beim Verbrennen des Phosphors im eingeschlossenen Raume des erstern, als seine Darstellung aus dem Braunkstein durchs Glühen, beweisen schon, daß es kein ursprünglich elastisch, flüssiges (§. 132.), sondern daß seine Form der Expansibilität vom Wärmestoffe abgeleitet seyn müsse. Es besteht demnach das Sauerstoffgas, wie jede Luftart (§. 602.), aus einer eigenthümlichen, ponderablen, an sich nicht elastischen, Basis, und dem inponderablen Wärmestoffe, der mit dieser Basis chemisch verbunden ist und sie in eine elastische Flüssigkeit verwandelt.

§. 837. Dieser eigenthümlichen Basis der Lebensluft hat man den Namen Sauerstoff (Oxium, Oxygenium, *Oxygène*) gegeben, weil mehrere verbrennliche Körper durchs Verbrennen in Lebensluft zu Säuren

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 567

Säuren werden, und weil sie ein Bestandtheil aller Säuren ist. Das Sauerstoffgas oder die Lebensluft besteht also aus Sauerstoff und Wärmestoff.

§. 838. Im Braunkohle und andern festen oder liquiden Körpern, aus denen wir das Sauerstoffgas erhalten können, ist nicht das Sauerstoffgas selbst, sondern nur sein ponderabler Bestandtheil, der Sauerstoff, enthalten (§. 607.), aus dessen chemischer Verbindung mit dem Wärmestoffe erst Sauerstoffgas erzeugt wird. Durch bloßes Erhitzen allein entläßt indessen der Braunkohle nicht allen Sauerstoff.

§. 839. Der Sauerstoff ist für uns eine einfache Substanz, das heißt, wir können ihn nicht weiter in andere ungleichartige Stoffe zerlegen. Er ist ferner für sich nicht darstellbar; denn so wie er auch frey wäre, würde er sich sogleich mit dem zu jeder Zeit anwesenden freyen Wärmestoffe zum Sauerstoffgas verbinden. Wir kennen ihn also nur aus seinen Zusammensetzungen mit andern ungleichartigen Materien. Er ist übrigens sehr ausgebreitet in der Natur vorhanden, und macht einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, des Wassers, aller Säuren, aller Metallkalke und aller Gemengtheile der Körper des Pflanzen- und Thierreichs aus.

Den Satz, daß der Sauerstoff nie frey in irgend einem Körper vorgefunden seyn kann, sondern immer in chemischer Zusammensetzung mit andern Materien seyn müsse, beherzigen viele Philosophen und Aerzte immer noch nicht gehörig, die ihn eine solche Rolle in den Körpern der Pflanzen und Thiere spielen lassen, als ob er frey in ihnen enthalten sey, und aus einem Stoffe in den andern frey übertrete, ohne chemische Zusammensetzung oder Zersetzung dieser Stoffe.

Säure gebildet wird, so ist dies Veranlassung gewesen, die Basis der Lebensluft säureerzeugenden Stoff oder Sauerstoff (*Oxygène*) zu nennen; nicht deshalb, weil sie an sich sauer sey, sondern weil sie mit der säurefähigen Grundlage (*Base acidifiable*), wie in unserm Falle mit dem Phosphor, erst Säure erzeuge. In dem Falle aber, (der sehr häufig ist,) wenn die verbrennliche Substanz zwar Sauerstoff aufnimmt, aber dadurch noch keine Säure wird, wie z. B. die mehresten Metalle, nennt man das Product *Oxide*, das man durch Halbsäure überseht hat. Das Verbrennen heißt nach diesem Systeme deshalb auch eine *Oxygenirung* oder *Oxidirung*. Aus der Verbindung der verbrennlichen Substanz mit dem ponderabelen Sauerstoffe folgt die Zunahme des Gewichts des verbrannten Rückstandes, und wegen der Imponderabilität des Lichts und des Wärmestoffes die Uebereinstimmung dieser Zunahme mit dem Gewichte des verschwundenen Antheils des Sauerstoffgas. Das Verbrennen kann ferner nur so lange dauern, bis die verbrennliche Substanz mit Sauerstoff gesättigt ist. In der atmosphärischen Luft hindert das Stickgas, womit das Sauerstoffgas darin vermischt oder vermisch ist, daß die Erscheinungen des Verbrennens darin nicht mit der Lebhaftigkeit vor sich gehen können, als im reinen Sauerstoffgas. Da endlich das Stickgas vom verbrennlichen Körper nicht afficirt wird, so bleibt es als Rückstand der atmosphärischen Luft übrig. Der Sauerstoff besitzt übrigens gegen die verschiedentlich gearteten Materien eine ver-

schie-

schiedene Art Verwandtschaft, und kann daher auch aus einem Körper an den andern übertreten, gegen den er eine stärkere Verwandtschaft besitzt; und es kann solcher Gestalt der verbrannte Körper wieder zum entzündlichen Körper gemacht oder desoxydirt werden.

§. 843. Nach diesem Systeme geschieht also das Verbrennen verbrennlicher Substanzen in Sauerstoffgas durch eine einfache Wahlverwandtschaft, und die Quelle des Feuers ist einzig und allein das Sauerstoffgas; der verbrennliche Körper giebt dazu nichts her. Wenn man ganz unparteyisch seyn will, so muß man gestehen, daß nach diesem Systeme das Licht eine ganz überflüssige Rolle spielt; daß es ganz wegfallen könnte, ohne daß das System dabei Eintrag lüßte; daß die Phänomene, wo Licht ohne allen Beistand des Sauerstoffgas aus verbrennlichen Körpern zum Vorscheine kommt (§. 823.), damit im Widerspruche ständen; daß darnach das Sauerstoffgas der einzige und alleinige Behälter des Lichts ist; und folglich von der Einfangung des Lichts von andern Körpern, von der Entstehung der Farben der Körper, von der Erzeugung der elektrischen Materie in den Körpern, die doch auch Licht ohne Beystülfe des Sauerstoffgas giebt, und von andern oben (§§. 824. 823.) angeführten Umständen keine Rechenschaft gegeben werden kann. Um diese Lücken, welche das antiphlogistische System in Ansehung so vieler und wichtiger Erscheinungen des Lichts läßt, zu ergänzen, müssen wir, nach der im Vorhergehenden vorgetragenen Lehre

§. 846. Das Verbrennen verbrennlicher Substanzen kann wegen ermangelnder nöthiger Temperatur manchmal so schwach seyn und so langsam erfolgen, daß sich dabey nur bloßes Leuchten, und zwar nur im Dunkeln, und auch da nicht einmal, zeigt. In diesem Falle geschieht die Zersetzung des Sauerstoffgas so langsam, daß die Erzeugung des Feuers dabey für jedes Moment der Beobachtung gar nicht, oder nur beym Ausschusse des Tageslichts als Leuchten wahrgenommen werden kann. Hierher gehört das Leuchten des faulen Holzes, des Bologneser Phosphorus aus Schwerspath, des Cantonschen Phosphorus aus calcinirten Austerschaalen und Schwefel. Das Verfallen der Metalle in schwächerer Hitze ist ein so schwaches Verbrennen, daß dabey auch nicht einmal im Dunkeln Licht wahrgenommen wird, ob es gleich in stärkerer Hitze in sehr bemerkbares Verbrennen übergehen kann.

§. 847. Auch der gemeine Phosphor erleidet in einer Temperatur, die nicht bis zu seiner wirklichen Entzündung hinreichend ist (§. 828.), in der atmosphärischen Luft ein allmähliges und langsames Verbrennen, woben das erzeugte Licht so schwach ist, daß es bloß im Dunkeln wahrgenommen werden kann. Er zerfließt hierbey zu einer Säure, verzehrt das Sauerstoffgas, und es geht hierbey alles eben so vor, wie bey seinem wirklichen Verbrennen. In ganz reinem Sauerstoffgas leuchtet er nicht, wie Herr Götting gefunden hat, wohl aber in dem mit Stickgas vermischten. Wenn er indessen in Stickgas leuchtet, so
ist

Schwere einfache Stoffe. Ihre Verbindungen. 575

ist dies ein Zeichen, daß es noch etwas Sauerstoff enthalte, oder noch nicht reines Stickgas sey. Uebrigens ist das Phänomen in Ansehung seiner Ursach denen ähnlich; wo eine einfache entzündliche Substanz für sich allein in einer niedrigen Temperatur das Sauerstoffgas nicht zersetzt, es aber in Verbindung mit einer andern entzündlichen Substanz thut, wodurch seine Anziehung zum Sauerstoffe vermehrt und die zum Brennstoffe vermindert wird. Dies ist hier der Fall bey der Verbindung des Phosphors mit Stickgas. Der Phosphor kann sogar nach des Hrn. van Marum Entdeckung noch in einer sehr stark verdünnten atmosphärischen Luft leuchten, worin sonst kein eigentliches Verbrennen mehr vorgehen kann.

Bevtrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie, auf Versuche gegründet, von J. F. A. Gütting. Weimar 1794. 8. Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas. — von Scherer, Jäger und Pfaff. Weimar 1795. 8. — Grens neues Journal der Phys. B. III. S. 325. ff. 329. ff. 330. ff.

Wahrnehmung, über das Verbrennen des Phosphors in dem so genannten leeren Raume der Luftpumpe, von P. van Marum; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 96. ff.

§. 848. Wenn Materien zusammen vermischt werden, die bey ihrer Einwirkung auf einander Wärmestoff in der nöthigen Menge entwickeln, und entzündliche Substanzen dabey sind, so kann dadurch bey'm Zugange der atmosphärischen Luft Selbstentzündung entstehen. Denn nun sind die Bedingungen zum Verbrennen vorhanden.

Ein Beispiel giebt die Entzündung der Oelze durch rauchenden Salpetergeist. Man schütte ein Loth Serpenthinöl in ein kesselförmiges Gefäß, mische dazu ein halbes Loth starkes Wierdölöl, rühre es schnell mit einer Glasröhre um, und schütte dann sogleich von starker Salpetersäure hinzu. Es entsteht

entsteht plötzlich eine lebhafteste Selbstentzündung mit einer lobernden Flamme.

§. 849. Wenn aber auch in Gemischen durch Verbindung und Zusammentritt entzündlicher Bestandtheile die Anziehung derselben zum Sauerstoffe verstärkt, und sonst noch Wärmestoff darin frey gemacht wird, so können sie dadurch ebenfalls in Selbstentzündung gerathen. Beispiele geben:

- 1) Lombergs Pyrophor oder Luftzündler, aus gebranntem Alaun und Kohlenstaub zusammen gehörig calcinirt.

Grens system. Handb. der Chemie. Halle 1794. Theil I. S. 619. ff.

- 2) Die Selbstentzündung des angefeuchteten Gemenges aus Eisenfeil und Schwefelblumen.

Baume's erläuterte Experimentalchemie, Theil II. S. 679. ff.

- 3) Die Selbstentzündung stark gerösteter noch heiß zusammengepackter Rockenfleue, Cichorienwurzeln, u. dergl.; des Hanfes mit Leinöl und Kiensruß, u. a. m.

Neue nordische Beyträge, B. III. S. 37. ff. Beitrag zur Geschichte der Selbstentzündungen und der so genannten Luftzündler, von Buchholz; in Crells Chem. Annalen, 1784. B. I. S. 411. ff. S. 483. ff. Lacroquet, ebendas. 1791. B. I. S. 303.

E u d i o m e t e r.

§. 850. Da die Fähigkeit der atmosphärischen Luft, zur Erhaltung des thierischen Lebens beim Athmen zu dienen, lediglich und allein von dem darin befindlichen Antheile Sauerstoffgas abhängt, und da mannigfaltige Prozesse, wodurch das Sauerstoffgas zersetzt

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 577

zerseht oder gebildet wird, in und an der Atmosphäre vorgehen, und folglich der Gehalt derselben an Lebensluft nicht an allen Orten und zu allen Zeiten gleich seyn kann, so muß es natürlicher Weise interessant seyn, den verhältnißmäßigen Antheil an Sauerstoffgas in atmosphärischer Luft ermessen und die davon abhängende Güte der Luft fürs Athmen erfahren zu können. Man sann darauf, ein Verfahren anzuwenden, wodurch man diesen Zweck erreichen könnte, so bald man Mittel kennen gelernt hatte, das Sauerstoffgas zu zersehen. Das Werkzeug, worin man die Zersehung des Sauerstoffgas in einer darin befindlichen Menge von einer zu prüfenden Luft vornehmen, und so ihre Quantität messen kann, heißt ein Eudiometer oder Luftgütemesser. Priestley ist der erste Erfinder dieses Instruments. Er schlug als Zersehungsmittel des Sauerstoffgas dazu das in der Folge noch anzuführende Salpetergas vor. Fontana und Ingenhousz haben das Werkzeug und die Verfahrensart damit sehr vervollkommenet. Scheele bediente sich dazu des allmählichen und langsamen Verbrennens eines feuchten Gemenges von Eisenfeil und Schwefel, auch des Schwefelalkali (der Schwefel-leber). Mit letzterer hat Morveau (Gyuton) das Verfahren sehr abgekürzt. Lavoisier, Seguin, Reibou empfehlen dazu das Verbrennen des Phosphors.

Priestley's Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre, B. I. S. 6. *Fontana descrizioni ed usi di alcuni strumenti per misurare la sagacità dell' aria.* in Firenze 1774. 4.

Ingenhousz Versuche mit Pflanzen, S. 164. ff. Ebendesselben vermischte Schriften, Bd. II. S. 27. ff. Joh. Andreas Scherer

Scherers Geschichte der Luftgütertheorie, B. I. II. Wien 1785. 2.

Carl Wilhelm Scheelens Erfahrungen über die Menge der reinen Luft, die sich in unserer Atmosphäre befindet; in seiner Abhandlung von Luft und Feuer. S. 269. ff. Beschreibung eines neuen Eudiometers, von Guyton Morveau; in Grens neuem Journal der Physik, B. III. S. 138. ff.

Abhandlung über die Eudiometrie von Hrn. Seguin; in Grens Journal der Physik, B. VI. S. 38. ff. Beschreibung eines atmosphärischen Eudiometers von Heinrich Arboùl; im neuen Journal der Physik, B. I. S. 374. ff.

§. 851. Nach allen meinen bisherigen Versuchen muß ich das allmähliche und langsame Verbrennen des Phosphors oder sein Zerfließen in atmosphärischer Luft (§. 847.) als das vollkommenste eudiometrische Mittel ansehen, auch den kleinsten Rest des darin befindlichen Sauerstoffgas zu zersetzen. Es wirkt zwar langsam, gewährt aber auch desto sicherere Resultate. Das Eudiometer damit läßt sich auf folgende Art vorrichten. Man nimmt eine genau cylindrische Glasröhre, die an dem einen Ende geschlossen, und von diesem Ende an durch eine Scale in gleiche, hinlänglich kleine Theile ihres Inhalts abgetheilt ist. Man füllt sie mit destillirtem oder Regenwasser voll, läßt in einer Wanne mit Wasser eine Quantität der zu prüfenden Luft hinaustreten, und merkt die Menge dieser Luft bey bestimmtem Barometer- und Thermometerstande. Man steckt einige Nadeln durch einen Korkstöpsel, der einen kleinern Durchmesser hat, als die Röhre, befestigt auf den hervorragenden Nadelspitzen reinen und klaren Phosphor, und bringt unten an den Kork einen Zwirnsfaden an. Man bringt diesen Kork unter die Mündung des Glas:

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 579

Glasenlinders, wo er dann im Wasser desselben aufsteigt, und der Phosphor auf demselben mit der Luft des Cylinders in Berührung kommt. Man bringt den Apparat in ein schickliches Gefäß mit Wasser, worin er stehen bleibt. Der Phosphor zerfließt nun allmählig unter leuchten; und man kann von Zeit zu Zeit vermittelst des Fadens den Rork unters Wasser ziehen, um die dem Phosphor anhängende Säure abzuspülen, und ihn so wieder desto wirksamer zu machen. Wenn endlich alles Sauerstoffgas verzehrt und an dem noch rückständigen Phosphor kein leuchten weiter im Dunkeln wahrzunehmen ist, dann zieht man den Rork heraus, und beobachtet bey correspondirendem Barometerdrucke und Wärmegrade die Menge des rückständigen Stickgas und des verzehrten Sauerstoffgas.

§. 852. Ob man aber gleich durch diese eudiometrischen Mittel die Menge der respirablen Luft in einer Luftart mit Genauigkeit finden kann, so kann man doch die absolute Güte und Heilsamkeit einer solchen Luft fürs Athemhohlen dadurch nicht bestimmen. Noch viel nützlicher würde es seyn, wenn wir Mittel hätten, die auf unsere Gesundheit und auf die Functionen des Lebens nachtheiligen Einfluß habenden Bestandtheile der Luft, die wir athmen und womit wir umgeben sind, mit Sicherheit und Genauigkeit bestimmen, und so ein ~~Rakometer~~ mit dem Eudiometer verbinden zu können.

§. 853. Das Brennen eines Körpers, wie z. B. einer Kerze, ist ein sicherer Beweis von dem Daseyn

der nöthigen Menge der Lebensluft in einer zu prüfen: den atmosphärischen Luft, und man kann sich desselben allerdings nützlich bedienen, um wenigstens zu erfahren, ob die Luft, z. B. unterirdischer Gruben, Höhlen und Bergwerke, noch athembar ist.

Salze.

§. 854. Ehe wir zur Untersuchung der mannigfaltigen Verbindungen der verbrennlichen Substanzen mit dem Sauerstoffe schreiben, ist es nöthig, uns mit dem Charakter der Salze im Allgemeinen und ihrer Gattungen bekannt zu machen.

§. 855. Die Eigenschaften, welche unser Kochsalz besitzt, sich im Wasser auflösen zu lassen und auf der Zunge Geschmack zu erregen, kommen noch mehreren andern Körpern zu, die wir deswegen auch Salze (*Salia*, *Sales*) nennen. Um sie indessen von andern Körperarten, z. B. von einigen Erden, zu unterscheiden, die wir nicht zu den Salzen rechnen, müssen wir den Charakter der Salze näher dahin bestimmen, daß es Materien sind, die sich in weniger als zwey hundert mal so vielem kochenden Wasser ganz auflösen lassen und Geschmack erregen.

§. 856. Einige Salze erfordern mehr, andere weniger zu ihrer Auflösung. Die mehesten lösen sich in siedendem und heißem Wasser in größerer Menge auf, als in kaltem. Einige sind feuerbeständig, andere sind flüchtig. Manche der letztern lassen sich für sich allein gar nicht vom Wasser trennen.

§. 857.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 581

§. 857. Die festen Salze scheiden sich aus dem Wasser durch Verminderung seines Sättigungsgrades bey der Abkühlung oder bey seinem Verdunsten in krystallinischer Gestalt (§. 141.) ab, und diese Salzkrydstalle zeigen sehr große Mannigfaltigkeit ihrer Figur.

§. 858. Die Krydstalle der Salze verlieren in der Hitze, und mehrere schon in trockener und warmer Luft, ihre Figur und ihre Durchsichtigkeit, und zerfallen oder verwittern in ein Pulver, welches im Gewichte merklich vermindert ist.

Beispiele geben das Glaubersalz, das kohlensaure Mineralalkali.

§. 859. Da die verwitterten Salzkrydstalle durch Auflösen in Wasser und Krydstallisiren ihr voriges Gewicht und ihre Gestalt wieder erhalten; da man ferner durch Destillation dieser Salzkrydstalle Wasser austreiben und sammeln kann: so muß das Wasser einen Bestandtheil der Salzkrydstalle selbst ausmachen und sich darin im Zustande der Festigkeit befinden. Man nennt es das Krydstallisationswasser. Es ist in den verschiedenen Salzkrydstallen in größerer und geringer Menge vorhanden und darin mehr oder weniger fest vereinigt.

§. 860. Einige Salze haben so starke Anziehung zum Wasser, daß sie als feste Salze durch Aufnahme der Feuchtigkeit der Atmosphäre darin zerfließen.

§. 861. Die Anzahl der Arten von Salzen, welche die Natur und Kunst darstellen können, ist beträchtlich.

trächtlich groß, und es finden sich bemerkenswerthe Unterschiede ihrer Eigenschaften und ihres Verhaltens gegen andere Materien, so daß man der bessern Uebersicht wegen gendthigt wird, diese Classe von Körpern in Ordnungen und Gattungen abzutheilen. Ich theile sie in Hinsicht auf ihre nähern Bestandtheile in zwei Ordnungen: I) in einfache, und II) in zusammengesetztere. Die Gattungen der erstern Ordnung sind: 1) Säuren und 2) Alkalien; die Gattungen der andern Ordnung sind: 1) Neutralsalze, 2) Mittelsalze, 3) metallische Salze.

Der Zucker könnte noch als eine Gattung der erstern Ordnung angesehen werden, da er ein Opid ist.

Säuren.

§. 862. Säuren (Acida) sind Salze von einem sauern Geschmacke, welche die blaue Farbe verschiedener Pflanzenpigmente in eine rothe verwandeln.

§. 863. Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Säuren roth. Man bedient sich als gegenwirkender Mittel zur Erkennung der Säuren hauptsächlich der Lackmustrinctur oder des damit gefärbten Papiers. Jene ist sehr empfindlich gegen Säure, zumal wenn man sie so weit mit reinem Wasser verdünnt hat, daß sie himmelblau wird.

§. 864. Es giebt von den Säuren mehrere Arten, die sich durch ihr Verhalten gegen andere Körper wesentlich von einander unterscheiden. Man theilt sie gewöhnlich ein: in mineralische, vegetabilische und thierische

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 583

nische Säuren; allein manche Säuren sind dem Körpern mehrerer Reiche der Natur gemeinschaftlich eigen.

Als identisch verschiedene Arten der Säuren sind anzusehen:

- 1) Die Kohlensäure (*Acidum carbonicum*, *Acide carbonique*).
- 2) Die Schwefelsäure (*Acidum sulphuricum*, *A. sulfurique*).
- 3) Die Salpetersäure (*A. nitrium*, *A. nitrique*).
- 4) Die Salzsäure (*A. muriaticum*, *A. muriatique oxigén*).
- 5) Die Flußsäure (*A. fluorium*, *A. fluorique*).
- 6) Die Borsäure (*A. boracicum*, *A. boracique*).
- 7) Die Phosphorsäure (*A. phosphoricum*, *A. phosphorique*).
- 8) Die Arseniksäure (*A. arsenicum*, *A. arsenique*).
- 9) Die Molybdänsäure (*A. molybdaenicum*, *A. molybdique*).
- 10) Die Wolframsäure (*A. wolframicum*, *A. tungstique*).
- 11) Die Bernsteinäure (*A. succinicum*, *A. succinique*).
- 12) Die Weinsäure (*A. tartaricum*, *A. tartareux*).
- 13) Die Zitronensäure (*A. citricum*, *A. citrique*).
- 14) Die Sauerleersäure (*A. oxalicum*, *A. oxalique*).
- 15) Die Äpfelsäure (*A. malicum*, *A. malique*).
- 16) Die Gallusäure (*A. gallaceum*, *A. gallique*).
- 17) Die Benzoesäure (*A. benzoicum*, *A. benzoique*).
- 18) Die Essigsäure (*A. aceticum*, *A. acétique*).
- 19) Die Milchsäure (*A. galacticum*, *A. saccho-lactique*).
- 20) Die Blausäure (*A. borussicum*, *A. prussique*).

§. 865. Alle Säuren sind zusammengesetzte Substanzen und bestehen aus einem säurefähigen Substrate oder einem eigenen Radical (*Base acidifiable*, *Radical*) und dem Sauerstoffe, den man als das säurebildende Substrat (*Base acidifiant*) ansieht. (S. 842.)

Beispiele an Phosphorsäure und Schwefelsäure. Die erstere besteht aus Phosphor und Sauerstoff, die andere aus Schwefel und Sauerstoff.

§. 866. Man kann also Säuren zerlegen und zusammensetzen. Das letztere geschieht, wenn ein saure-

saurefähiges Substrat verbrennt und den Sauerstoff der Lebensluft in sich nimmt, wie bei dem Verbrennen des Phosphors im Vorhergehenden; das erstere erfolgt, wenn der Säure durch eine andere saurefähige Substanz, die eine stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoffe besitzt, derselbe wieder entzogen; und folglich dadurch die saurefähige Basis oder das Radical jener Säure dargestellt wird.

§. 867. Einige wenige der bis jetzt bekannten Säuren hat man inbeß bis jetzt noch nicht zerlegen und zusammensetzen können, und kennt daher ihr Radical noch nicht.

Hierher gehören Nr. 4. 5. und 6. des vorigen Verzeichnisses (§. 864.).

§. 868. Verschiedene Säuren kann die Kunst zwar zerlegen, aber nicht zusammensetzen.

§. 869. Die verschiedenen Säuren unterscheiden sich von einander nach der Natur und Verschiedenheit ihres saurefähigen Substrats (§. 865.).

§. 870. Die saurefähige Grundlage der Säuren ist entweder einfach oder zusammengesetzt.

1) Zu den Säuren mit einfachem Radical gehören:

1. Kohlensäure.	Ihr Radical ist:	Kohlenstoff.
2. Schwefelsäure.	„ „ „	Schwefel.
3. Salpetersäure.	„ „ „	Stickstoff.
4. Phosphorsäure.	„ „ „	Phosphor.
5. Arseniksäure.	„ „ „	Arsenik.
6. Wolframsäure.	„ „ „	Wolfram.
7. Molybdänsäure.	„ „ „	Molybdän.

2) Säuren mit zusammengesetztem Radical sind: alle oben (§. 864. Anm.) verzeichnete Säuren von Nr. 11. bis Nr. 19. Ihr Radical ist zusammengesetzt aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Die Säure Nr. 20. hat eine vierfach zusammengesetzte Grundlage aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor und Stickstoff.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 585

3) Bei den Säuren mit unbekanntem Radical (S. 867.) hält man dieses letztere nur nachtmäßig für einfach.

§. 871. Säuren, deren Radical aus einerley Grundstoffen zusammengesetzt ist (§. 870.), unterscheiden sich von einander bloß durch das Verhältniß ihrer Bestandtheile gegen einander, und können daher auch durch Abänderung dieses Verhältnisses in einerley Säure verwandelt werden.

§. 872. Die säurefähigen Grundlagen sind eines verschiedenen Grades der Sättigung mit Sauerstoff fähig. Wenn sie ganz mit letzterm gesättigt sind, so heißen sie vollkommene Säuren. In der wissenschaftlichen Nomenclatur endigen sich die Namen der letztern im lateinischen auf *icum*, im Französischen auf *ique*. Wenn die säurefähigen Grundlagen hingegen noch nicht mit so viel Sauerstoff gesättigt sind, als sie aufnehmen können, so erscheinen sie gewöhnlich von minderer Acidität und heißen unvollkommene oder unvollständige Säuren. Ihre Namen sind im lateinischen auf *osum*, im Französischen auf *eux* fleetirt; im Deutschen habe ich es durch die Flexion auf *igt* ausgedrückt gesucht.

Beispiele:

Vollkommene Säuren.

- 1) Schwefelsäure
(*Acidum sulphuricum*,
Acide sulfurique).
- 2) Salpetersäure
(*Acidum nitricum*,
Acide nitrique).
- 3) Salzsäure
(*Acidum muriaticum*,
Acide muriatique)*).
- 4) Phosphorsäure
(*Acidum phosphoricum*,
Acide phosphorique).

Unvollkommene Säuren.

- 1) Schwefelige Säure
(*Acidum sulphureolum*,
Acide sulfureux).
- 2) Salpetrige Säure
(*Acidum nitrosum*,
Acide nitreux).
- 3) Salzigte Säure
(*Acidum muriatolum*,
Acide muriateux)**).
- 4) Phosphorigte Säure
(*Acidum phosphorosum*,
Acide phosphoreux).

Voll-

Vollkommene Säuren.

- 5) Vollkommene Arseniksäure
(Acidum arsenicum,
Acide arsenique).

Unvollkommene Säuren.

- 5) Unvollkommene Arseniksäure
(Acidum arsenicosum).

*) Nach meiner Nomenclatur. Sonst heißt sie *Acide muriatique oxigéné*. N. I. §. 873. Num.

**) Sie heißt bey andern Acidum muriaticum, *Acide muriatique*.

§. 873. Man glaubt zwar auch, daß manche säurefähige Grundlage mit Sauerstoff übersättigt werden könne, und nennt dergleichen Säure oxygenirte Säure (*Acide oxigéné, furoxigéné*); aber sie sind in der That nur als vollkommene Säuren (§. 872.) anzusehen; denn eine Uebersättigung mit Sauerstoff ist schon deshalb unendlich, weil er nicht frey existirt.

So nennt man in der methodischen Nomenclatur die sonst so genannte dephlogistisirte Salzsäure *Acide muriatique oxigéné*, aber sie ist nur die vollkommene Salzsäure, und die gemeine Salzsäure, die man als vollkommene Salzsäure bisher ansah, ist als unvollkommene Salzsäure zu betrachten.

Alkalien.

§. 874. Die Alkalien (*Alcalia*) oder Laugesalze schmecken scharf und urinds, machen die blaue Farbe verschiedener Pflanzenpigmente grün, die rothe violett oder blau, und die gelbe braun; sie stellen die durch Säuren roth gemachten blauen Pigmente wieder in ihrer vorigen Farbe dar, so wie die Säuren hien wiederum die Wirkungen der Alkalien darauf aufheben.

§. 875. Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Alkalien grün, so wie z. B. nicht das Lackmus. Man bedient sich als Reagentien für die Alkalien des blauen Violensyrups, des mit Sernam-
buc

buc roth gefärbten, des mit Curcuma gelb gefärbten Papiers, der durch eine ganz schwache Säure roth gefärbten Lackmustrinctur, und auch der rothen Alkannatrinctur.

§. 876. In der Natur treffen wir diese Salze nicht rein an, sondern immer in Verbindung mit andern Substanzen, z. B. mit Kohlensäure und andern Säuren. Die Kunst muß sie davon erst scheiden. Hier ist nur die Rede von den reinen Alkalien, die man wegen ihrer auflösenden Kraft auf das Zellgewebe und die thierische Faser auch *ätzende Alkalien* (*Alcalia caustica*) nennt.

§. 877. Wir kennen drey Arten der Alkalien: 1) das *Gewächsoalkali*, 2) das *Mineralalkali*, 3) das *Ammoniak*. Wegen ihrer Eigenschaft be- greift man die erstern auch unter dem gemeinschaftlichen Namen der *feuerbeständigen Alkalien* (*Alcalia fixa*), und nennt das letztere *flüchtiges Alkali* (*Alcali volatile*).

§. 878. 1) Das *Gewächsoalkali* (*Potassium, Potasse* *) ist ein weißes festes Salz, das sich in stark abgestumpften vierseitigen Pyramiden krystallisirt. Es löst sich im krystallinischen Zustande im Wasser mit beträchtlicher Kälte auf; nach dem Austrocknen im Feuer aber, oder nach dem Verluste seines Krystallisationswassers, mit Erwärmung. Das ausgetrocknete Salz zieht schnell Feuchtigkeit aus der Atmosphäre an und zerfließt; schmilzt aber sonst im Feuer leicht,

leicht, schon bei 236° Föhrenh. Die Auflösung im Wasser hat den Geruch der frisch getünchten Zimmer. Im Feuer läßt es sich nicht verflüchtigen. Es löst sich im Schmelzen die Kiesel-erde leicht auf.

*) *Synonyma*: Potasche der Neuern (Potasche); vegetabilisches Laugen-salz, Gewächslaugensalz, alkalisches Kalkstein, Seifensiederlauge (Alkali vegetabile, Lapis causticus alcalinus, Lixivium saponariorum).

§. 879. Man hält zwar das Gewächsalz für eine einfache Substanz, allein seine Zerlegbarkeit und Zusammensetzung sind doch sehr wahrscheinlich. Man gewinnt es aus der Asche der Pflanzen. In einigen vulkanischen Producten, worin man es entdeckt hat, ist es ohne Zweifel auch vegetabilischen Ursprunges, und zwar aus Brennmaterialien der Felsgebirge, die den Feuerherd der Vulkane bilden.

§. 880. 2.) Das Mineralalkali (Natrium, Soude) *) ist dem vorigen (§. 878.) in den angeführten Eigenschaften so ähnlich, daß man seinen wesentlichen Unterschied nur durch die verschiedenen Verbindungen mit Säuren und Wahlverwandtschaften darthun kann, die ihn aber auch sehr auffallend beweisen.

*) *Synonyma*: Soda der Neuern (Soda); mineralisches Laugen-salz (Alkali mineralis).

§. 881. Die Einfachheit des Mineralalkali ist ebenfalls bis jetzt problematisch. Man gewinnt es theils aus der Asche verschiedener am gesalzenen Meeresufer wachsenden Kräuter, oder der Soda, theils aus Neutralsalzen, worin es, wie z. B. im Kochsalze,

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 589

salze, mit einer Säure, vereinigt im Mineralreiche vorkommen.

§. 882. 3) Das Ammoniak (*Ammoniacum, Ammoniaque* *) unterscheidet sich von den beiden vorhergehenden Alkalien durch einen sehr lebhaften, reißenden und stechenden Geruch, und durch seine große Flüchtigkeit. Wir können es nicht in fester Gestalt darstellen, sondern es erscheint immer entweder in Verbindung mit Wasser in tropfbar-flüssiger Form (*liquides Ammoniak*), wo es auch unter dem Namen des ägenden Salzmiakegistes bekannt ist; oder in Gasgestalt, wo es Ammoniakgas (*Gas ammoniacale, Gas ammoniacal*) heißt. Nur bei der Verbindung mit Säuren liefert es feste Producte.

*) Synonyma: flüchtiges Alkali, urinöses Salz (*Alkali volatile, Sal urinosum*).

§. 883. Wenn man recht starken ägenden Salzmiakegeist in einer gläsernen Retörte, die mit dem pneumatischen Quecksilberapparate (§. 610.) in Communication ist, durch lampenfeuert gelinde erhitzt, so tritt das Ammoniak des Salzmiakegistes mit dem Wärmestoffe in Luftform aus dem Wasser, und man erhält so das Ammoniakgas (§. 882.), das sich als eine eigene Luftart zeigt.

§. 884. Das Ammoniakgas besitzt einen lebhaften, stechenden, fast erstickenden Geruch; reagirt auf Pflanzensarben, wie ein Alkali (§. 874.); wird vom Wasser unter Erwärmung augenblicklich zerlegt; das Wasser nimmt die Basis desselben, das Ammoniak, daraus

baraus in sich, und wird damit zum äßenden Sal-
miakspiritus; es ist irrespirabel; dient nicht zur Un-
terhaltung des Verbrennens; ist leichter, als atmo-
sphärische Luft. Es löst sich im Sauerstoffgas, in
der atmosphärischen Luft und im Stickgas auf.

§. 885. Das Ammoniak ist eine entzündliche
Substanz. Hat man Ammoniakgas mit Sauerstoff-
gas vermischt, so kann man das Gemisch anzünden,
auch durch den electrischen Funken. Beide Gasarten
werden zerlegt, und das Product des Verbrennens
ist Wasser und Stickgas. Das Ammoniak ist also
zusammengesetzt, und zwar aus dem in der Folge an-
zuführenden Wasserstoffe und Stickstoffe. Das Am-
moniak, das aus thierischen Körpern durch trockene
Destillation derselben oder durch Fäulniß zum Vor-
schein kommt, präexistirt nicht in ihnen, sondern
wird erst aus dem Wasserstoffe und Stickstoffe dieser
Substanzen neu erzeugt und zusammengesetzt.

Neutralsalze.

§. 886. Säuren und Alkalien zeigen gegen ein-
ander sehr starke Verwandtschaft, und sie verbinden
sich zusammen zu neuen Körperarten, die nicht mehr
die Eigenschaften ihrer Bestandtheile äußern, oder
worin die Säuren und die Alkalien nicht mehr als
solche reagiren. Das aus einer Säure und einem
Alkali entspringende Product, worin weder das eine
noch das andere das Uebergewicht hat, nennt man
ein Neutralsalz (Sal neutrum).

Versuch durch Sättigung der Salpetersäure mit Sodasalkali.

§. 887.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 391

§. 887. Jede Säure giebt mit jedem der drey Alkalien ein eigenes Neutralsalz. Die Anzahl der letztern läßt sich also bestimmen, wenn man die Anzahl der bekannten Säuren mit den drey Alkalien multiplicirt.

§. 888. Die verschiedenen Neutralsalze unterscheiden sich von einander durch Geschmack, Gestalt, Auflösbarkeit, Feuerbeständigkeit, Flüchtigkeit.

§. 889. Durchgehends sind die Säuren den beyden feuerbeständigen Alkalien näher verwandt, als dem Ammoniak. In vielen Fällen haben sie auch gegen das Gewächssalkali eine nähere Verwandtschaft, als gegen das Mineralalkali.

Erden und Mittelsalze.

§. 890. Erden (Terrae) sind unentzündliche, feuerbeständige Körper, die sich ohne Zwischenmittel in 200 Theilen kochenden Wassers nicht auflösen lassen.

§. 891. Einfache Erden (Terrae simplices) nennt man solche, die in keine ungleichartige Bestandtheile weiter zerlegt werden können. In der Natur kommen sie immer in Verbindung unter einander oder mit andern Stoffen vor.

§. 892. Wir kennen gegenwärtig acht verschiedene einfache Erden: 1) Kieselerde, 2) Kalkerde, 3) Talkerde, 4) Thonerde, 5) Schwererde, 6) Strontionerde, 7) Zirkonerde und 8) Austerlanderde.

§. 893.

vergleichen die Krebse, der gemeine Kalkstein, der Marmor, der Kalkspath ist. Da die Kohlen Säure sich aus der rohen Kalkerde durchs Brennen im Feuer scheiden läßt, so ist dies ein Mittel, die Kalkerde rein darzustellen. Sie wird durch dieses Brennen beträchtlich verändert; löst sich nicht mehr mit Aufbrausen im Säuren auf, wie vorher, und hat einen sehr scharfen und brennenden, alkalischen Geschmack, da sie vorher geschmacklos war. Sie heißt jetzt gebrannter oder lebendiger Kalk (*Calx viva, usta*).

§. 901. Dieser gebrannte Kalk ist als die reine Kalkerde anzusehen, die durchs Brennen von der Kohlen Säure und dem Wasser, womit sie in der Natur verbunden war, befreiet worden ist. Der gebrannte Kalk erhitze sich stark mit dem Wasser, womit er gelöscht wird, er saugt das Wasser ein, und fixirt es sehr stark, und löst sich bey mehrerm zugesetzten Wasser endlich völlig darin auf, wozu er aber 680 Theile davon braucht. Diese Auflösung heißt Kalkwasser (*Aqua calcis vivae*); sie schmeckt scharf und alkalisch, und reagirt gegen Pflanzenpigmente als ein Alkali (§. 874.).

§. 902. In genau verschlossenen Gefäßen bleibt das Kalkwasser unverändert; an der freyen Luft wird es aber mit einem Häutchen bedeckt, (*Kalktrahm*), das endlich zu Boden sinkt und einem neuen Häutchen Platz macht, bis endlich aller Kalk sich geschieden hat. Dieser auf dem Kalkwasser sich bildende Kalktrahm ist wieder rohe, d. i., kohlensäure, Kalkerde, die geschmack-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 595

geschmacklos und unauflöslich im Wasser ist, und wieder mit Säure brauf't; und der Grund aller Veränderungen, welche das Kaltwasser an der Luft erfährt, rührt von der Kohlensäure der Atmosphäre her, welche die im Kaltwasser befindliche reine Kalkerde mit vieler Stärke daraus in sich zieht, und wodurch sie wieder die Natur des rohen Kalks erlangt. Eben diese Umänderung widerfährt auch dem gebrannten Kalk selbst, wenn er an der Luft liegt, aus der er nicht nur nach und nach wieder Kohlensäure, sondern auch Wasser anzieht, und wodurch er sich allmählig und nach und nach löst, zerfällt, und seine Schärfe verliert. Die Kalkerde ist für sich im stärksten Feuer unschmelzbar,

§. 903. 3) Die Kalkerde (*Magnesia, Magnésie* *) macht einen Bestandtheil des Kalks, Specksteins, Serpentin, Meerchaums, Asbests aus, und wird auch in der Natur niemals rein angetroffen. Sie findet sich ferner im so genannten Bittersalze und in der Mutterlauge der mehresten Salzfoolen und des Meerwassers, im mittelsalzigen Zustande.

*) Synonyma: Bittererde, Bittersalzerde (*Terra maritima, Magnesia salis eplomiensis*).

§. 904. Die reine Kalkerde ist nicht äßend und scharf, wie die reine Kalkerde, löst sich nicht im Wasser auf, und erhitzt sich nicht damit. Die Alkalien lösen sie auf nassem Wege nicht auf. Sie schmilzt für sich im gewöhnlichen Feuer nicht.

§. 905. 4) Die Thonerde (*Argilla*, *Alumina*)*) macht einen Bestandtheil des Thones und der Thonarten, muß aber nicht mit dem Thone selbst verwechselt werden, worin sie immer mit Kiesel-erde verbunden ist. Bis jetzt hat man sie nur erst hier zu Halle im Garten des Pädagogiums rein gefunden. Die Thonerde läßt sich mit Wasser ungemein fein zertheilen, aber nicht darin auflösen; giebt mit wenigem Wasser einen zähen Teig; zieht sich beim Austrocknen sehr zusammen; und vor dem völligen Austrocknen schnell in starkes Feuer gebracht, bekommt sie Risse und springt amher. Nach dem Austrocknen im Feuer gebrannt, schwindet sie sehr stark und brennt sich hart, so daß sie mit dem Stahle Funken giebt. Die gebrannte Thonerde läßt sich nicht wieder mit Wasser zu einem zähen Teige bilden. Gegen die Kohlen-säure hat die Thonerde keine Verwandtschaft. Von den Alkalien wird sie auf nassem Wege aufgelöst, was ein sehr charakteristisches Merkmal derselben ist. Sie ist im stärksten Ofenfeuer für sich unschmelzbar, mit der Kalkerde aber ist sie schmelzbar.

*) Synonyma: Alunerde (*Terra aluminis*), reine Thonerde (*Argilla pura*).

§. 906. 5) Die Schwererde (*Baryta*, *Baryte*)*) wird in der Natur immer in Verbindung mit Säuren, wie mit Schwefelsäure, (*Schwerspath*), oder mit Kohlen-säure, (*Witberit*), angetroffen. Die Kunst muß sie also erst rein darstellen. Diese reine Schwererde ist unschmelzbar für sich; sie löst sich in geringer Menge in Wasser auf, indem sie davon wohl 900 Theile
zur

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 397

zur Auflösung erfordert; die Auflösung schmeckt scharf und reagirt als alkalische Substanz auf Pflanzenfarben; an der Luft wird sie getrübt, indem die Schwereerde Kohlensäure anzieht und nun unauföslich wird.

*) *Terra ponderosa off.*

§. 907. 6) Die Strontionerde (*Strontiona*) findet sich in einem Gossil, das von seinem Geburtsorte Strontion in Schottland den Namen Strontionit erhalten hat, und worin diese Erde mit Kohlensäure verbunden ist. Sonst aber macht sie auch einen Bestandtheil des Schwerspaths aus.

§. 908. Die reine, von Kohlensäure befreiete, Strontionerde hat einen äßenden Geschmack, löst sich in vielem kochenden Wasser, nämlich in 250 Theilen, auf; vom kalten Wasser aber braucht sie mehr zu ihrer Auflösung. Die Auflösung hat den Geschmack eines starken Kaltwassers und wird durch Anziehung der Kohlensäure an der Luft getrübt. Die mit kochendem Wasser gemachte und gesättigte Auflösung der Strontionerde in Wasser, wenn sie nach dem Filtriren sogleich in einer gläsernen Flasche genau verwahrt wird, schießt zu klaren, durchsichtigen Krystallen an, von rhomboidalischer Gestalt, von einem äßenden Geschmacke, welche an der Luft ihre Durchsichtigkeit verlieren. Die Strontionerde ist im heftigsten Feuer für sich unschmelzbar.

§. 909. 7) Die Zirkonerde (*Circonia*) ist zuerst vom Herrn Klaproth in den Zirkonen, nachher auch in dem Hyacinth als vorwaltender Bestandtheil
und

und als eigenthümliche Erde entdeckt worden. Sie ist unaufldslich im Wasser; in Säuren aufldsbar, aber nicht mit Kohlensäure verwandt; in ägenden Alkalien auf nassem Wege nicht aufldsbar; unschmelzbar für sich und mit feuerbeständigen Alkalien; nur mit Borax fliegt sie zu Glase.

§. 910. 8) Die **Australerde** (Cambria) ist von Herrn Wedgwood in einer Erdart von Neu-Süd-Wales entdeckt worden. Sie ist unaufldslich im Wasser, in Aesplauge und Säuren, ausgenommen in der concentrirten salzigten Säure durch Hülfe der Hitze, woraus sie aber doch durch bloßes Wasser wieder gefällt wird. Im starken Feuer ist sie für sich schmelzbar.

Einfache verbrennliche Substanzen.

§. 911. Alle verbrennliche Substanzen sind zwar zusammengesetzt aus der Basis des Lichts oder dem Brennstoffe (§. 803.) und ihrem eigenen Substrate. Wenn dieses letztere aber selbst nicht weiter zerlegt werden kann, so nenne ich auch die entzündliche Substanz, die es mit dem Brennstoffe bildet, einfach, indem wir auf letztern in chemischer Hinsicht nicht Rücksicht zu nehmen brauchen (§. 843.).

§. 912. Einfache entzündliche Substanzen (§. 911.) sind: 1) Wasserstoff, 2) Kohlenstoff, 3) Schwefel, 4) Stickstoff, 5) Phosphor, 6) Radical der Salzsäure, 7) Radical der Sticksäure, 8) Radical der Borassäure, 9) — 27) die 19 Metalle.

talle. Wir betrachten sie nach ihren Eigenschaften und nach ihren merkwürdigsten Verbindungen, sowohl mit andern einfachen Stoffen als unter sich.

Wasserstoff. Wasser.

§. 913. Das Wasser ist keine einfache Substanz, wie man sonst glaubte, sondern kann in ungleichartige Bestandtheile zerlegt und wieder daraus zusammengesetzt werden.

§. 914. Man schütte Wasser in eine kleine gläserne Retorte, lege sie in ein Sandbad, fülle ihren Hals in einen eisernen Flintenlauf, in dessen Mitte man noch spiralförmig gewundenen Eisendraht und eiserne Nägel gebracht hat; man bringe das untere, ebenfalls offene, Ende des Laufs unter den Trichter der mit Wasser gefüllten pneumatischen Wanne, mache seinen mittlern Theil durch Kohlen glühend, und erhize das Wasser in der Retorte bis zum Kochen. So wie nun die Dämpfe des kochenden Wassers durch den glühenden Theil des eisernen Rohres streichen, verwandeln sie sich in eine Gasart, welche entzündlich ist und sich charakteristisch von andern Luftarten unterscheidet.

§. 915. Nur aber die Veränderungen, die das Wasser bei der Erzeugung dieser Gasart erleidet, besser bestimmen und Schlüsse daraus auf die Mischung des Wassers ziehen zu können, stelle man den vorigen Versuch auf folgende Weise an: Man nehme eine beschlagene Röhre aus hartem Glase, bringe

in die Mitte ihrer Fällung 274 Gr. (franz.) feinst-
 feinig gewundenem Eisen Draht, läßt in die obere
 Mündung derselben den Hals einer kleinen gläsernen
 Retorte, in die man zwei Unzen destillirtes Wasser
 geschüttet hat, und lege sie in ein Sandbad. Den
 mittlern Theil der Röhre, wo das Eisen liegt, lasse
 man durch ein Kohlenbeden etwas geneigt stehen, und
 läßt ihr unteren Ende in eine Mittelflasche, die in
 kaltem Wasser steht, und aus der eine Leitungsröhre
 unter den Trichter der pneumatischen Wanne tritt.
 Man mache die Glasröhre in der Mitte nach und
 nach glühend, bringe dann das Wasser in der Retorte
 zum Kochen, und nöthige so seine Dämpfe, durch das
 glühende Eisen zu streichen, wo sich dann auch das er-
 wähnte Gas erzeugt. Man erhält, wenn alles gut ge-
 lingt, nach Abzug der atmosphärischen Luft der Gefäße,
 etwa 416 Cubitzoll (paris.) von dieser brennbaren
 Luft, die 15 Gr. (franz.) wiegen. Das Eisen in
 der Retorte ist verändert und wie verbrannt; es ist
 brüchig und spröde geworden, und wiegt nun 85 Gran
 mehr, als vor der Operation. Das in der Mittel-
 flasche gesammelte Wasser beträgt, wenn alles über-
 destillirt ist, 100 Gr. weniger, als das zur Operation
 angewendete.

Lavoisier *traité chimique*, T. I. S. 30. ff.

§. 916. Das erhaltene Gas heißt aus Gründen,
 die sogleich erhellen werden, Wasserstoffgas (Gas
 hydrogenium, *Gaz hydrogène*), sonst brennbare;
 entzündbare Luft (Aër inflammabilis). Es ist das
 leichteste von allen Gasarten (s. oben S. 253.); es
 besteht

Schwere einfache Gase u. ihre Verbindungen. 603

besitzt einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch; ist irrespirabel, und löset ein heftiges Erstickungsgefühl aus; sonst aber ist es selbst brennbar, und läßt sich entzünden, wenn Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft Zugang hat. So brennt es an der Mündung einer Flasche, worin es enthalten ist, nachdem man zündet mit einer Flamme, die desto schneller in das Gefäß hinabsteigt, je weiter die Mündung der Flasche ist. Wenn man eine mit diesem Gas gefüllte Glasglocke aus dem Sperrwasser hebt, so kann man von unten her das Gas darin ebenfalls anzünden. Vermischt man das Gas in einem Gefäße mit etwa dreymal so viel, (dem Volum nach,) atmosphärischer Luft, so verbreitet sich die durch eine brennende Kerze an der Mündung der Flasche verursachte Entzündung im Moment durch den ganzen Raum, und es entsteht eine starke Explosion, die noch stärker ist, wenn man einen Theil reines Sauerstoffgas mit zwei Theilen Wasserstoffgas, (dem Volum nach,) vermischt hat. Man unternimmt diese Explosion am sichersten in einer Flasche aus elastischem Harze. Auch durch den electrischen Funken lassen sich diese Vermischungen anzünden. — Sonst wird das Wasserstoffgas weder vom Wasser, noch von Alkalien oder Kalkwasser, eingelesen oder geändert.

§. 917. Da bey dem Prozesse der Erzeugung dieses Gas (§. 915.) die Gewichtszunahme des röhrendigen Eisens zu dem Gewichte des erhaltenen Gas addirt, dem Gewichte des dabey verschwundenen Wassers correspondirt; so folgt ganz natürlich, daß dieses
Wasser

Wasser theils zur Veränderung jenes Eisens, theils zur Bildung des Gas verwendet worden seyn müsse. Die Veränderungen, die das Eisen durch die Wasserdämpfe beim Glühen erlitten hat, sind ganz dieselben, als wenn es in Sauerstoffgas verbrannt (§. 833.), folglich muß Sauerstoff an ihn getreten seyn, und dieser muß einen Bestandtheil des Wassers ausmachen. Da die Gewichtszunahme des Eisens hierbei zu dem Gewichte des erhaltenen brennbaren Gas addirt, dem Gewichte des verschwundenen Wassers correspondirt, so muß die ponderable Basis dieses Gas den andern Bestandtheil des Wassers ausmachen. Weil also das Wasser aus Sauerstoff und dieser ponderablen Basis des brennbaren Gas zusammengesetzt ist, so hat man eben deshalb der letztern den Namen Wasserstoff (Hydrogenium, Hydrogène) gegeben.

Lavoisier traité élém. S. 91. ff.

§. 918. Das Wasser besteht demnach aus Sauerstoff und Wasserstoff, und zwar, dem angeführten und andern Experimenten zu Folge, aus 0,85 des erstern und 0,15 des letztern.

§. 919. Die Theorie des angeführten Processes (§. 914. ff.) ist nun folgende. In der Glühbirne entzieht das Eisen wegen seiner nähern Verwandtschaft zum Sauerstoffe diesen dem Wasserstoffe im Wasser, und der Wasserstoff nimmt den Brennstoff des Eisens auf, und tritt durch den Wärmestoff als expansibles Fluidum aus; das Eisen bleibt solcher Gestalt verkalte

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 603

verfällt oder oxydirt zurück. Die Basis des Wasserstoffgas ist also Wasserstoff und Brennstoff.

§. 920. Die völlige Ueberzeugung von dieser aus analytischen Versuchen gezogenen Schlussfolge gewährt die Synthesis des Wassers, oder die Wiedererzeugung desselben aus der ponderablen Basis des Wasserstoffgas und Sauerstoffgas. läßt man nämlich beide Gasarten in dem Verhältnisse von 15 Theilen des Wasserstoffgas zu 85 Theilen des Sauerstoffgas, (dem Gewichte nach,) in einem eingeschlossenen Raume verbrennen, so werden beide Luftarten zerföhrt, und es bildet sich wieder Wasser, das dem Gewichte nach 100 Theile beträgt.

Mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos, par M. Fourcroy, Vauquelin et Seguin: in den Annales de chimie, T. VIII. S. 230. ff. T. IX. S. 30. ff.

§. 921. Um dieses Verbrennen mit gehöriger Bequemlichkeit und mit genauer Schätzung der dabei verzehrten Gasarten vornehmen zu können, hat man eigene Vorrichtungen eingeföhrt, die den Namen der Gazometer führen. Der vom Hrn. van Marum dazu vorgeschlagene Apparat ist der einfachste und bequemste.

Lavoisier traité élém. T. II. S. 348. ff. Ueber die Apparate zur Wasser- und Sauerzeugung, und ihre vortheilhaftesten Einrichtungen, vom Hrn. Succow; in Crells chem. Annalen, 1791. B. I. S. 453. ff. Beschreibung eines sehr einfachen Gazometers, vom Hrn. van Marum; in Gerns Journ. der Phys. B. V. S. 154. ff. B. VI. S. 3. ff. Beschreibung eines Gazometers oder Luftmessers und einiger damit angestellten Versuche, vom Hrn. von Zach; in Gerns neuen Journ. d. Phys. B. II. S. 1. ff.

§. 922.

§. 922. Wenn Wasserstoffgas und Sauerstoffgas mit einander vermischt werden, so ist in der Temperatur unter dem Glühen die Anziehung ihrer respectiven Grundlagen zum Wärmestoffe größer, als gegen einander, und sie zersetzen sich daher nicht. Hingegen in der Temperatur des Glühens ziehen sich Sauerstoff und Wasserstoff wechselseitig wieder stärker an, und sie vereinigen sich wieder zusammen zum Wasser, während der Brennstoff des Wasserstoffgas mit dem freien werdenden Wärmestoffe beider Gasarten das Feuer bildet.

§. 923. Wenn wir einen pariser Cubikfuß Wasser zu 70 Pf. (franz.) rechnen, und einen Cubikfuß Wasserstoffgas zu 61 Gr., so folgt aus dem obigen Verhältnisse des Wasserstoffes zum Sauerstoffe im Wasser, daß in einem Cubikfuße Wasser 10½ Pf. Wasserstoff enthalten sind, die über 1569 Cubikfuß brennbare Luft bilden können.

§. 924. Das Wasserstoffgas kann aus dem Wasser noch auf mehrere andere Arten dargestellt werden, als auf die (§. 914.) angezeigte Weise. Wenn man nämlich mit Wasser verdünnte Schwefelsäure oder salzige Säure auf Eisenfeil oder Zinn gießt, so wird durch diese Metalle unter Einwirkung der Säure das Wasser ebenfalls zerlegt; sie nehmen den Sauerstoff daraus in sich, treten ihren Brennstoff an den Wasserstoff ab, verfallen sich und werden von der Säure aufgelöst, während der Wasserstoff mit dem Brennstoffe verbunden als Gas antritt. Man schütte

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 205

schützte zu dem Ende gelbenten oder in Stücke gebrochenen Zink in eine Entbindungsflasche (§. 611.), und gieße darauf ein Gemisch aus 1 Theile Nitriolölhl und 6 Theilen Wasser. Die Auflösung geschieht mit mäßiger Lebhaftigkeit und Aufbrausen. Das sich entwickelnde Gas fange man vermittelst des übrigen pneumatischen Apparats durch Wasser hindurch auf.

§. 925. Wenn man die Erzeugung des Wasserstoffgas nach der eben angezeigten Weise (§. 924.) in einer kleinen Flasche aus starkem Glase vornimmt, die man mit einem Korkstopfel verschlossen hat, durch welche eine enge zulaufende Glasröhre vertical gesteckt ist, aus der das Gas hervortreten kann; dann diesen hervortretenden Strom des Gas anzündet, nachdem man sicher ist, daß keine atmosphärische Luft mehr im Glase eingeschlossen ist; und über die Flamme des brennenden Gas die Mündung eines Glasflossens oder eines oben geschlossenen Glaszylinders hält: so entsteht ein schneidender Harmonicaton. Die Luft, welche hierbei in das Gefäß strömt, in welchem das Sauerstoffgas zersetzt wird, bewirkt hierbei die klingende Erschütterung.

§. 926. Das Wasser kann nur dann zerlegt werden, wenn es mit einer Materie in Berührung kommt, die Anziehung zu seinem Sauerstoffe hat, und zwar eine stärkere, als die ist, welche der Wasserstoff gegen den Sauerstoff besitzt. Deshalb wird das Wasser beim Durchgange durch glühendes Glas, Gold, Silber, Porzellan, und überhaupt durch uns verbrenne

verderbliche Körper, nicht zerlegt, sondern bleibt Wasser.

Chemische Versuche über die Bestandtheile und die Zerlegung des Wassers, vom Hrn. von Hauch; in Grens Journ. d. Phys. B. VIII. S. 27. ff.

§. 927. Man kennt bis jetzt noch keinen Körper, der das Wasser dadurch zerlegt, daß er den Wasserstoff desselben stärker anziehe, als er vom Sauerstoffe angezogen wird. Die Natur scheint aber diesen Weg bey der Vegetation der Pflanzen einzuschlagen, die im Sonnenlichte das Wasser zerlegen, den Wasserstoff daraus in sich nehmen und sich als Bestandtheil zueignen, und den Sauerstoff frey machen, der als Sauerstoffgas sich aus den Blättern entwickelt.

§. 928. Man bringe zu dem Ende in einen geräumigen Glaszylinder oder Glaskolben eine im Wasser eine hinlängliche Zeit ausdauernde gesunde und saftreiche Pflanze, fülle das Gefäß mit reinem Wasser ganz voll, decke es mit einer Tasse oder Schüssel zu, kehre es in einer Wanne mit Wasser so um, daß keine Luft von außen hineinkomme. Wenn man nun hierauf den Apparat an die Sonne stellt, so nimmt man wahr, daß aus der Fläche der Blätter luftbläschen zum Vorschein kommen, die sich davon ablösen, nach oben in das Gefäß aufsteigen und sich sammeln, und so das Wasser heraustreiben. So lange die Pflanze frisch und gesund bleibt, dauert die Entwicklung des Sauerstoffgas im Sonnenlichte fort. Die saftigen Pflanzen, die Wasserpflanzen, die cryptogamischen Pflanzen, wie besonders *Conserva rivalaris*, die
Priest:

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 607

Priestley'sche grüne Materie, geben das Sauerstoffgas hierbey in vorzüglicher Menge.

§. 929. Die zahlreichen Versuche des Herrn Ingenhousz über diesen Gegenstand, so wie die des Herrn Sennebier, bestätigen die Thatsache ganz allgemein, daß zur Entwicklung des Sauerstoffgas aus den Pflanzen das Licht Bedingung ist, und daß sie das Gas desto reichlicher ausströmen, je heller der Tag ist und je mehr die Stellung der Pflanze sie dem Einflusse des Lichts aussetzt. Die Pflanzen entwickeln ferner das Sauerstoffgas nur so lange, als sie gesund und in dem Acte der Vegetation begriffen sind, und sie hören auf, es zu thun, so bald sie absterben. Bey ihrem Wachstume im Freyen geben sie auch unstreitig mehr Sauerstoffgas, als unter Wasser, obgleich dann der Prozeß selbst nicht wahrgenommen werden kann; denn die meisten Pflanzen, wenn sie unter Wasser gesetzt werden, befinden sich in einem untauglichen Medium, um lange ihre volle Kraft zu behalten. Herr Sennebier behauptet, daß die Blätter des Nachts und im Dunkeln gar keine Luft entwickeln; die zahlreichen Versuche des Hrn. Ingenhousz zeigen aber doch, daß sie dann eine irrespirable Gasart, Stickgas und kohlensaures Gas, obgleich in geringer Menge, ausströmen; welches nach ihm auch die Blumen, die Wurzeln und die reifen Früchte, in den mehresten Fällen, so wohl im Sonnenscheine als im Dunkeln thun.

Joh. Ingenhousz Versuche mit Pflanzen, wodurch entdeckt worden, daß sie die Kraft besitzen, die atmosphärische Luft beym Sonnenscheine zu reinigen, und im Schatten und
des

des Nachts aber zu verderben, u. d. Engl. Leipz. 1786. 8. Wien, Th. I — III. 1783 — 1790. 8. Einige Bemerkungen über die Oefenwärme der Pflanzen; in Ingenhous Verm. Schr. B. I. C. 341. ff. Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois regnes de la nature, et surtout ceux du regne végétal, par J. Senebier, à Geneve 1782. T. I. III. 8. Joh. Senebiers physikalisch; chemische Abhandlungen über den Einfluß des Sonnenlichts auf alle drei Reiche der Natur, u. d. Franz. Th. I — IV. Leipz. 1783. 8. Ueberselben Expériences sur l'action de la lumière solaire pour la végétation. à Geneve 1782. 8.

§. 930. Der Wasserstoff ist einfach und bis jetzt unzerlegt. Er ist ferner für sich nicht darstellbar, und wir kennen ihn nur in seinen Zusammensetzungen. Er macht nicht nur einen Bestandtheil des Wassers und des Wasserstoffgas aus, sondern geht in die Mischung der Erdharze, des Alcohols, und aller und jeder nähern Bestandtheile der Körper des Gewächsreiches und Thierreiches ein.

§. 931. Das Wasser kommt in der Natur in einer dreifachen Form vor: als festes Wasser, oder Eis; als liquides, oder eigentliches Wasser; und als elastisch-flüssiges, oder Wasserdampf.

§. 932. Das liquide Wasser ist im Zustande seiner Reinigkeit eine farblose, durchsichtige, unschmackhafte, geruchlose, unentzündliche Flüssigkeit, die allerdings etwas Elasticität besitzt und compressibel ist, wie Bünnermanns und Abichs Versuche, die Fortpflanzung des Schalles durch das Wasser, und das Abspringen harter Körper von demselben beweisen.

Vergl. §. 130.

§. 933.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 509

§. 933. Das Wasser hat seine Flüssigkeit nur vom Stoffe der Wärme (§. 137. 571.), und es gehört zu den sehr schmelzbaren Substanzen. Bei Verminderung der freien Wärme unter 32° Fahr. wird es fest oder zu Eis, wobei es darin wieder den vorher latent gemachten Wärmestoff entläßt. Die Entstehung des Eises ist im Grunde eine Art von Krystallisation (§. 144.). Es nimmt dabei unter den gehörigen Umständen eine regelmäßige Gestalt an, und bildet sich gewöhnlich in Nadeln, die unter einem Winkel von 60° sich durchkreuzen. Daher die sechsackige Figur des Schnees.

§. 934. Bei diesem Gefrieren des Wassers entwickeln sich die Luftarten, die im Wasser aufgelöst waren, als kleinere oder größere Blasen, die in der Masse des Eises zerstreut sind. Diese bringen dadurch manchmal sehr besondere Erscheinungen hervor, und von der Menge derselben hängt auch die größere oder geringere Undurchsichtigkeit des Eises ab. Merkwürdig ist es, daß auch gekochtes und von Luft befreites Wasser beim Gefrieren doch dergleichen Blasen zeigt. Sollte hier wohl nicht, nach Herrn Lichtenbergs Meinung, die Entwicklung der im Wasser latent gewesenen Wärme durch Verwandlung einiger Theile desselben in elastischen Dampf an der Entstehung dieser Blasen Antheil haben können?

§. 935. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren in einen größern Raum aus. Dies rührt theils und hauptsächlich von der Anziehung seines Theils her, ver-

mäße, welchen sie beim Krystallisiren eine bestimmte Länge anzunehmen streben; theils, von den entweichenden Luft- oder Dampfblasen. Von dieser Ausdehnung des Eises bei seiner Entstehung aus dem Wasser, ist es herzuleiten, daß gläserne Flaschen, die mit Wasser gefüllt und verschlossen sind, beim Gefrieren des Wassers zerpringen, und daß dadurch selbst eiserne Bomben mit großer Gewalt zerprengt, Böume und Felsen von einander gerissen, das Wasser auf den Straßen gehoben werden kann. Davon rührt es auch her, daß das Eis ein geringeres specifisches Gewicht hat als das Wasser und auf dem Wasser schwimmt.

Versuche über die ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers, anstellt von Wron, Williams; in Owens Journal der Physik, B. VII. S. 231. ff.

§. 936. Merkwürdig ist es, daß das Wasser eine etwas stärkere Kälte ertragen kann, ohne zu gefrieren, wenn es in genau zugestopften Gefäßen der Kälte ausgesetzt wird, als beim Zugange der freyen Luft. Eine mäßige Erschütterung bringt aber dieses Wasser augenblicklich zum Gefrieren, und gewöhnlich zu einer schäumigen, mit vielen Luftblasen angefüllten Masse. Auch wenn die Oberfläche des Wassers mit Oehl bedeckt ist, so kann es, ohne zu gefrieren, eine stärkere Kälte ertragen als das Wasser, das der freyen Luft ausgesetzt ist, und wird ebenfalls durch Umrühren oder Schütteln hernach schnell zu Eis. Sollte hierbey wohl nicht die nöthige Entwicklung der verborgen gewesenen Wärme länger zurückgehalten werden als bei Berührung der freyen Luft? Die Ursache,

Schwere einfache Salze u. ihre Verbindungen. 618

sache, warum feste Salze das Gefrieren des Wassers hindern, worin sie aufgelöst sind, und schwache Salze laugen durch den Frost concentrirt werden können, indem nur das Wässerige gefriert, erhellet aus dem oben (§. 618 — 621.) Angeführten. Sie verschlucken nämlich eine größere Menge von Wärmestoff, und halten ihn stärker zurück als bloßes Wasser, das ohne Ausscheidung dieser größern Menge der unmerkbar Wärme nicht gefrieren kann. Die Rückkehr des Eises zum tropfbaren Wasser oder das Aufthauen desselben geschieht durch die Aufnahme des freyen Wärmestoffes, der dadurch, daß er dem festen Wasser Flüssigkeit ertheilt, wieder unmerkbar wird.

§. 937. Auch ohne zu gefrieren ist das Wasser vermindert, durch innige Verbindung mit festen Körpern in den Zustand der Festigkeit und der mehrern Feuerbeständigkeit überzugehen, wie das Krystallisationswasser der Salze (§. 859.) der Erde und Steine beweiset.

§. 938. Das Wasser ist ein Auflösungsmitel für eine große Anzahl von Körpern. Besonders ist es das eigentliche Auflösungsmitel für die Salze, und durch deren Hülfe kann es dann auch wieder andere Körper auflösen, auf die es sonst nicht wirkt. Daher kommt es auch, daß in der Natur nur wenig Wasser angetroffen wird, das völlig rein seyn sollte. Zu den reinsten Wassern gehören die atmosphärischen, besonders Schnee und Regenwasser. Um sich sonst reines Wasser zu verschaffen, bleibt die Destillation aus Gefäßen von hartem Glase das einzige Mittel.

§. 939. Das Wasser ist in der Hitze flüchtig und verwandelt sich beim Sieden in Dämpfe. Es geht nun durch Verbindung mit mehrerm Wärmestoffe in den Zustand der eigentlichen expansiblen Flüssigkeit, in Wasserdampf über. Die beim Sieden des Wassers vorkommenden Umstände sind schon oben (§. 579. ff.) angeführt worden.

§. 940. Die so genannte unmerkliche Ausdunstung des Wassers ist ebenfalls nichts anderes als die Verwandlung desselben in elastischen Dampf durch Zutritt und Verschluckung des Wärmestoffes. Sie geschieht nur an der Oberfläche des Wassers in der geringen Temperatur, und eben wegen der mindern Intensität des dem Wasser zugeführten Wärmestoffes, in geringerer Menge und unmerklich. Daß aber bey dieser unmerklichen Verdunstung des Wassers ebenfalls Wärmestoff zum verborgenen gemacht werde, beweiset die Abkühlung des Thermometers durch Wasser, das von seiner Oberfläche unmerklich verdunstet, und die beträchtliche Leitungskraft des Wassers für Wärme. Hrn. Watt's Erfahrungen beweisen auch, daß das Wasser bey der unmerklichen Verdunstung verhältnißmäßig mehr Wärmestoff verschluckt als beim Sieden.

de Luc; in Grén's Journ. der Physik, B. VI. S. 125. ff.

§. 941. Das Maximum der Verdampfung des Wassers (§. 593.), oder das größte Verhältniß der Basis des Dampfes zum Raume desselben, hängt bey gleicher Zusammendrückung von der Temperatur des
Dam:

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 613

Dampfes ab (§§. 593. 594.). Wenn also Wasserdampf in der Luft enthalten ist, und es mindert sich die Temperatur der Luft, so kann das vorige Maximum der Verdampfung nicht bestehen, sondern ein Theil Basis des Dampfes, also Wasser, schlägt sich nieder, der nun Nebel, und den nähern Zusammenritte desselben, Wassertropfen bildet. Wenn aber auch bei gleichender Temperatur der Druck der Luft zunimmt, so wird ein Theil des Wasserdampfes ebenfalls zerlegt, indem, wenn er in einen engeren Raum gebracht werden sollte, das Maximum der Verdampfung überschritten werden müßte.

§. 942. Man sieht also, wie Wasserdampf in allen Temperaturen der Luft gegenwärtig seyn könne; durch den Wechsel ihrer Temperaturen und ihres Drucks aber bald in größter Menge erzeugt, bald wieder zerlegt werden muß.

§. 943. So lange der Wasserdampf unzerlegt und ein expansibles Fluidum ist, so lange ist er auch völlig durchsichtig und unsichtbar, wie die atmosphärische Luft; er trübt also ihre Klarheit nicht, wenn er als solcher mit ihr vermischt ist. Wenn er aber, durch die vorher (§. 941.) angeführten Ursachen darin zerlegt zu werden anfängt, so bildet er den Nebel, der, wie ich schon oben (§. 592.) angeführt habe, kein Dampf mehr ist und mit Unrecht so genannt wird; er ist höchst fein zertheiltes liquides Wasser. Durch Zunahme der Temperatur der Luft und abnehmenden Druck derselben kann der Nebel wieder verschwinden,

den, indem er sich von neuem wieder in wahren Dampf verwandelt.

§. 944. Auf diese wechselseitige Zersetzung und Bildung des Wasserdampfs in der Luft gründen sich die bekannten Phänomene vom Sichtbarwerden unsers Hauchs in kalter Luft und der Unsichtbarkeit desselben in warmer; das so genannte Schwitzen oder Anlaufen kalter Körper in feuchten und heißen Zimmern; das Schwitzen der Fenster in diesen Zimmern, wenn die äußere Luft merklich kälter ist als die innere; das Beschlagen der Gebäude beim Thauwetter nach anhaltendem Froste; das Beschlagen der Glocke der Luftpumpe bey Wiederhinzulassung der Luft nach vorhergegangener Verdünnung; die Entstehung des Nebels, der Wolken, des Thaus, des Reifs, des Regens, des Schnees, des Hagels.

§. 945. Andere Naturforscher erklären die unmerkliche Ausdünstung, wie ich schon oben (§. 598.) angeführt habe, lediglich aus der Auflösung des Wassers in der Luft. Sie nehmen an, daß die Luft nur eine bestimmte Menge Wasser auflösen könne, wo sie dann damit gesättigt sey. Ihr Sättigungsgrad sey aber, wie bey mehreren andern Auflösungsmittein, nach der Temperatur verschieden; eine warme Luft löse mehr Wasser auf als eine kalte. Wenn daher die Luft in der Wärme mit Wasser gesättigt sey, so schlage sich dieses beim Erkalten daraus nieder und werde bey zunehmender Wärme der Luft wieder aufgelöst; und hieraus erklären sie die vorher (§. 944.) angeführten Erschei-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 815

Erscheinungen. Allein es läßt sich die Verdunstung nicht allein leichtet und ungezwungener ohne diese Aufhebung des Wassers in der Luft erklären, wie Herr de Luc gründlich dargethan hat; sondern es steht derselben auch entgegen, daß die Verdunstung ohne alle Luft Statt finden kann, ja dann noch desto besser Statt findet, und daß die mit Wasserdunst beladene Luft bei gleicher Wärme und absoluter Elasticität, nach Saussure's Beobachtungen, ein geringeres eigenthümliches Gewicht hat als die trockene, welches nicht fern könnte, wenn das Wasser so in der Luft aufgelöst wäre, als ein Salz im Wasser aufgelöst ist. Es kann folglich das Wasser nur als der specifisch leichtere elastische Dampf in der Luft enthalten seyn.

§. 946. Ein Werkzeug, welches bestimmt ist, die in der Luft befindliche Feuchtigkeits anzuzeigen oder zu messen, heißt ein **Hygroskop** oder **Hygrometer**. Die Substanz, welche durch ihre Veränderungen die in der Luft befindliche Feuchtigkeits anzeigt, heißt der **hygroskopische Körper**.

§. 947. Man hat eine große Menge Körper zu der hygroskopischen Substanz der Hygrometer vorgeschlagen, und ist besonders auch in der Bestimmung der festen Punkte der hygrometrischen Scale sehr schwankend gewesen. Die Herren Saussure und de Luc haben viele Bemühungen angewandt, und viele Untersuchungen angestellt, um feste Grundsätze in die Hygrometrie einzuführen. Das Hygrometer des
Herrn

Herrn **Gaussure** besteht aus einem Menschenhaare, das durch Kochen in einer Lauge des kohlensauren Mineralalkali von seiner Fettigkeit befreiet worden, an einen festen Punct angehängt, und am andern Ende mit einer dünnen Welle in Verbindung ist, die einen Zeiger auf einer Scheibe drehet. Durch die Feuchtigkeits wird das Haar schlaff, es verlängert sich, und das kleine Gegengewicht an der Welle drehet diese. Durch Trockniß verkürzt es sich, und überwindet das Gegengewicht der Welle. Den Punct der größten Feuchtigkeits bestimmte der Erfinder unter einer gläsernen Glocke, die mit Wasser gesperrt und inwendig mit Wasser befeuchtet worpen ist; den Punct der größten Trockniß aber unter einer gläsernen Glocke, die auf einem bis zum Glühen erhitzten, mit ausgeglühetem Schwefelalkali bedeckten, Bleche steht. Den Abstand der Puncte des Zeigers auf der Scheibe in der größten Feuchtigkeits und Trockniß theilt er in 100 gleiche Theile. Herr de Luc hat theils gegen die Anwendbarkeit des Haars selbst und aller Fäden überhaupt, theils gegen die Bestimmung der festen Puncte des Herrn von Gaussure, viele Bemerkungen gemacht, und die Vorzüge des von ihm vorgeschlagenen Fischeinhydrometers zu zeigen sich bemühet. Es besteht aus einem sehr dünnen Streifen Fischbein, der nicht in der Länge, sondern in der Quere der Fibern des Fischbeins geschnitten, unten an einen festen Punct angehängt, und oben auch mit einer feinen Welle in Verbindung ist, die auf einer Scheibe einen Zeiger drehet. Als Gegengewicht an der Welle dient ein

ein spiralförmig gewundener feiner Golddraht, der an dem einen Ende befestigt und an dem andern mit der Welle verbunden ist. Den Punkt der größten Feuchtigkeit bestimmt er durch unmittelbares Eintauchen der hygroskopischen Substanz in Wasser, und den Punkt des größten Trocknis in einem genau verschlossenen und mit frisch ausgeglühtem ungelöschtem Kalk zum Spiritus angefüllten zinnernen Gefäße, worin er das Hygrometer aufhängt. Den Abstand beider Punkte, den der Zeiger auf der Scheibe anzeigt, theilt er in 100 gleiche Theile.

Sauvages oben S. 199. angeführte Schrift. Götters phys. Wörterbuch, Th. II. S. 601. de Lüc neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. Kap. 1 — 3. Abhandlungen über die Hygrometrie, a. d. philos. transactions Vol. LXXXI. 1791., überf. in Göttes Journ. der Physik, B. V. S. 272. ff.

§. 948. Ungeachtet der so mühsamen und vielfachen Untersuchungen, welche die genannten Naturforscher in Rücksicht des Hygrometers angestellt haben, muß man doch gestehen, daß die Grundlage der Hygrometrie, die sie errichtet haben, schwankend ist, und die Folgerungen, die sie aus den Beobachtungen mit dem Hygrometer ziehen, ganz unsicher sind. Zuvörderst muß ich bemerken, daß nur das liquide Wasser feuchtmachend ist, nicht das feste oder das Eis, und nicht das dampfförmige. Feuchtigkeit bezieht sich also nur auf das Anhängen des liquiden Wassers an einen Körper, und das Wasser hört auf, feuchtmachend oder Feuchtigkeit zu seyn, wenn es zum festen Wasser oder zum Dampf wird. Es kann also diejenigen sehr, welche glauben, daß das Hygrometer die

die Unveränderlichkeit oder Unveränderlichkeit aller wasserartigen Basis für der Atmosphäre anzeigen sollte, was also auch den elastischen Wasserdampf. Die Erfahrungen der Herren De Luc und Watt lehren ja selbst, daß eine empfindliche hygroskopische Substanz ein Wasserdampf, der durch die nöthige Wärme durchaus in elastischem Zustande erhalten wird, auf Brodruß zeige. Nur dann, wenn ein Theil des Dampfes durch Abkühlung oder Zusammendrückung zersezt wird, entsteht Feuchtigkeit im Dampfe durch die sehr abgegebene wässrige Basis. Das Hygrometer des Herrn Saussure so wohl, als das De Luc'sche wird also in der Luft nur von dem Wasser afficirt, das als höchst fein zertheiltes liquides Wasser darin schwebt, und durch Zersezung des Dampfes daraus niederbeschlagen wird. Wenn nun zwei mit einander harmonisirende Hygrometern das eine in einem stark geheizten Zimmer steht, dessen Luft mit elastischem Wasserdunst verunreinigt ist, und seine hygroskopische Substanz die Temperatur des Zimmers hat, so kann es einen ziemlichen Grad von Brodruß anzeigen, während das andere, dessen hygroskopische Substanz kalt ist, bey dem Hineinbringen ins Zimmer sogleich große Feuchtigkeit angiebt, eben weil es, bloß als kalter Körper, den Wasserdampf zersezt (§. 523.). Die Wirkung des Werkzeugs ist deswegen sehr eingeschränkt, und es ist für die Meteorologie bey weitem nicht so wichtig, als es Hr. De Luc darstellt: Hr. De Luc muß erst beweisen, daß die hygroskopische Substanz seines Hygrometers auch Wasserdampf, bey gleicher Tempera-
tur

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 619

zur mit denselben, zerfetzt, oder zur Basis des Wasserdampfes eine stärkere Anziehung habe, als der Wärmestoff; sonst braucht man sich mit Hrn. de Luc nicht zu wundern, wie das Hygrometer in hohen Gegenden der Atmosphäre auf große Trockenheit zeigen, und doch in diesen Gegenden oft plötzlich ungemein viel Regen entstehen kann, und man kann ihm nicht die Folgerung zulassen, daß dieses Wasser nicht als Dampf, sondern als Luft in der Atmosphäre zugegen gewesen seyn müßte.

Prüfung der neuen Theorie des Hrn. de Luc vom Regen, und seiner daraus abgeleiteten Einwürfe gegen die Auflösungstheorie, (von Hrn. Zyllius). Berlin 1799. 8.

§. 949. Die irrthümliche Meinung, daß sich das Wasser in der Erde verwandeln lasse, die schon Chales behauptete, Lelmont, Boyle und Eller durch Versuche mit dem Wachsen der Pflanzen durch bloßes Wasser, Borriche, Boyle, Wallerius, Eller, Martzgraf durch Destillation des Wassers aus gläsernen Gefäßen, oder durch Reiben desselben beweisen wollten, hat sich bey genauerer Untersuchung von Lavoisier und Scheele nicht bestätigt.

Lavoisiers phys. u. chemische Schriften, übers. von Weigel, B. II. 1785. S. 29. ff. in den Ann. der Chem., wo man die hiesigen gehörigen Schriften angezeigt findet.

Kohlenstoff. Kohlensäure.

§. 950. Die reine Kohle oder der Kohlenstoff (Carbonum, Carbone) ist eine einfache, entzündliche Substanz. Sie ist feuerbeständig, geschmacklos, unauflöslich in Wasser, Oehlen und Alcohol; unschmelz-

schmelzbar, unzerstörbar im heftigsten Feuer, wenn die Luft davon ausgeschlossen ist. Die gemeine Holzkohle ist freylich nicht durchans reiner Kohlenstoff, sondern enthält außer etwas Wasserstoff noch erdige und salzige Theile, die ihre Asche beim Verbrennen bilden. Man erhält einen reinern Kohlenstoff aus Lampenschwarz und Kienruß, wenn man diese in bedeckten Gefäßen heftig ausglühet.

§. 951. Der Kohlenstoff existirt in großer Menge in der Natur; er macht den größten Antheil aller thierischen und vegetabilischen Stoffe und der Erdharze aus; er findet sich in verschiedenen Steinarten, im Rotheisen und Stahle; bildet hauptsächlich das Reißbley, und ist, wie wir gleich sehen werden, das Radical der so häufig verbreiteten Kohlen Säure.

§. 952. Der Kohlenstoff erfordert zu seiner Entzündung in atmosphärischer Luft und Sauerstoffgas eine hohe Temperatur des Glühens, und verbrennt ohne Flamme. Unternimmt man dieses Verbrennen mit einer vorher wohl ausgeglüheten Holzkohle unter einer mit Sauerstoffgas gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Glasglocke, so daß man etwas Zunderschwamm und Phosphor an die Kohle geklebt hat, und diese durch ein Brennglas von außen vermittelst des Sonnenfeuers anzündet; so findet man, daß die elastische Flüssigkeit unter der Glocke dastey nicht verschwindet, wie beim Verbrennen des Phosphors, sondern daß vielmehr eine eigene Gasart sich bildet, die nicht zum Athemböhlen und zur Unterhaltung des

Vere

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen

Verbrennens dient, die vom kalten Wasser langsam, schneller von der sauren Ätzlauge und vom Kaltwasser verschluckt wird, das letztere trübt, das reine Wasser säuerlich macht, so daß es die Lackmustrinctur röthet. läßt man also nach Beendigung des Versuchs Aetzlauge über das Quecksilber treten, so nimmt das Luftvolum ab, und was zurück bleibt, ist der Antheil Sauerstoffgas, der dem Einflusse der Kohle beim Verbrennen entging.

§. 953. Es verzehren bey diesem Versuche nach Lavoisiers genauer Bestimmung 28 Theile Kohlenstoff 72 Theile Sauerstoffgas, (dem Gewichte nach,) und es bilden sich daraus, zusammen 100 Theile dieser eigenthümlichen Gasart, die von Kaltwasser oder Aetzlauge absorhirt wird.

Lavoisier über die Bildung der festen Luft, der Kreidensäure, oder besser der Kohlensäure; in Crells Chem. Annalen, 1789. B. I S. 552. ff. B. II. S. 55, Derselben traité élément. S. 67. ff.

§. 954. Diese bey dem Verbrennen der Kohle aus dem Sauerstoffe und dem Kohlenstoffe offenbar erzeugte Luft heißt Kohlenäures Gas (Gas carbonicum, Gas acide carbonique). *) Es unterscheidet sich durch sein größeres eigenthümliches Gewicht (S. 253.); durch seine Unfähigkeit zum Athemholen und zur Unterhaltung des Verbrennens; durch seine Acidität; dadurch, daß es vom Wasser eingesogen wird und das Kaltwasser trübt.

*) Synonyma: feste Luft (Aër fixus), Luftsäure (Gas acidum aëreum), Kreidensäure (Gas acidum cretaceum).

§. 955. Die ponderabale Basis dieses Gas ist die Verbindung des feines Brennstoffs beraubten Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe, oder die Kohlensäure (*Acidum carbonicum*, *Acide carbonique*). Diese Kohlensäure ist bei dem Druck der Luft und bei Temperatur, wobei wir leben, gasförmig; bei ihrer Erzeugung und ihrem Entwerden nimmt sie alle gleich Gasgestalt an. Die Absorption des Gas durch Wasser, Kaltwasser, Aethers: ist eine Zersetzung desselben, indem ihre Basis dadurch vom Wärmestoffe getrennt wird.

§. 956. Kaltes Wasser kann etwa ein gleiches Volum des kohlensauren Gas einsaugen. Dieses kohlensaure Wasser (luftsaure Wasser) hat einen schwach: säuerlichen Geschmack, färbt die Lackmustrinctur roth, und wirft Blasen, wenn man es schüttelt. Es kommt dieses Wasser hierin mit den natürlichen Sauerbrunnen, vergleichen das Pyrmonter-, Selter-, Eger-Wasser u. a. m. sind, überein, die sich freylich so wohl von einander selbst, als von reinem kohlensauren Wasser durch andere aufgelöste Bestandtheile unterscheiden. Durch Erhitzung und Kochen wird alle Kohlensäure aus dem Wasser wieder als elastische Luft ausgetrieben, eben so auch durch die Luftpumpe. Vermöge dieser Kohlensäure ist das Wasser fähig, auch andere Substanzen, z. B. Erden und Eisen, aufzulösen, die es für sich nicht auflösen kann. Beispiele geben die kohlensauren Sauerbrunnen, wie das Pyrmonter- und Eger-Wasser. Um die Anschwängerung des Wassers mit der Kohlensäure bequem

Schwere einfache Stoffe, ihre Verbindungen. 623

bequem zu verrichten, dient die Parker'sche Glasapparatur (§. 611.).

Torbern, Bergman de acida aëreo; in leinen opere, phys.-chem. Vol. II S. 1.

§. 957. Mit den reinen Alkalien und der reinen Kalkerde verbindet sich die Basis des kohlensauren Gas oder die Kohlensäure sehr leicht und gern, und beide verlieren dadurch ihre Aetzbarkeit (§. 876. 902.) und kommen in einen neutral, und mittelsalzigen Zustand. Mischt man kohlensaures Gas zum Kaltwasser (§. 901.), so wird dieses sogleich getrübt, weil die darin aufgelöste reine Kalkerde die Kohlensäure in sich nimmt, sich dadurch in kohlensaure Kalkerde verwandelt, die als solche im Wasser nicht auflöslich ist; ein Ueberschuß von Kohlensäure macht indessen die kohlensaure Kalkerde wieder im Wasser auflöslich, oder, welches einerley ist, kohlensaures Wasser löst die kohlensaure Kalkerde auf. Diese Auflösung wird durch Kochen zersetzt. Die Kalkerde hat gegen die Kohlensäure nähere Verwandtschaft als die Alkalien dagegen haben; und jene entziehe daher dieselbe den kohlensauren Alkalien und macht sie ähend. Kaltwasser wird eben deswegen vom kohlensauren Alkali sogleich getrübt. Ammoniakgas (§. 882.) und kohlensaures Gas geben sogleich eine feste Materie, kohlensaures Ammoniak.

§. 958. Die Kohlensäure macht einen Bestandtheil sehr vieler Körper aus. Sie macht nicht nur in den Gauerbrunnen (§. 956.), sondern auch in den maffirenden Weinen und im Bouceillenviere das
Echau-

Schäumende, und bildet sich bey jeder Nahrung, wo sie in dem so genannten Gäßch enthalten ist. Sie erzeugt sich beyhm Athemböhlen, und die ausgehauchte Luft enthält immer kohlensaures Gas; sie erzeugt sich ferner beyhm Verbrennen und der trocknen Destillation aller vegetabilischen und thierischen Substanzen. Sie befindet sich in mehreren Fossilien, wie in den so genannten rohen Kalkerden (§. 900.), die alle kohlensaure Kalkerde sind, z. B. Kreide, Kalkspath, gemeiner Kalkstein, Marmor; sie kann durch jede anbere Säure daraus ausgetrieben werden, und sie erzeugt eben das Aufbrausen (§. 190.) derselben mit andern stärkern Säuren. Sie läßt sich auch durch Glühen im Feuer daraus austreiben, und darauf beruhet das Brennen des Kalkes (§. 900.). Von dem in der Atmosphäre befindlichen kohlensauren Gas rühren die Veränderungen her, welche Kaltwasser und gebrannter Kalk mit der Zeit an der Luft erfahren (§. 902.).

§. 959. Man hat daher mehrere Mittel, sich das kohlensaure Gas zu verschaffen. Man gieße in eine Entbindungsflasche auf gepulverte Kreide verdünnte Schwefelsäure, so entsteht ein starkes Aufbrausen, das von der entwickelten Kohlen Säure herrührt. Man bringe die Mündung der Seitenröhre der Flasche unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne und lasse die aufsteigenden Luftblasen in die Vorlage treten. — Oder man fülle eine kleine irdene beschlagene Retorte mit rohem Kalksteine, Kreide, Marmor, u. dergl. Kalkarten an, stütze eine Röhre an die Mündung

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 625

dung der Retorte, lege das untere Ende der Röhre unter den Trichter der Wanne des pneumatischen Apparats, und erhitze dann die Retorte bis zum Glühen, so geht während des Glühens das kohlensaure Gas in die Vorlage über.

§. 960. Bei dem Verbrennen der Kohle in atmosphärischer Luft bleibt also nicht bloß Stickgas übrig, sondern zu gleicher Zeit das neu erzeugte kohlensaure Gas, und es läßt sich hieraus die Schädlichkeit des so genannten Kohlendampfes, eigentlich des Brennens der Kohlen, auch der reinen, in verschlossenen Zimmern für die Gesundheit und das Leben der Menschen leicht beurtheilen.

§. 961. Der Kohlenstoff besitzt in der Temperatur des Glühens eine nähere Verwandtschaft zum Sauerstoffe, als andere einfache verbrennliche Substanzen dagegen haben, und er entzieht sie ihnen alsdann oder desoxidirt sie. So zerlegt er daher auch das Wasser, und wenn man in dem oben (§. 915.) angeführten Experimente statt des Eisens der Kohle bedient und die Wasserdämpfe im Glühen durch sie streichen läßt, so erhält man Wasserstoffgas und kohlensaures Gas. Die Kohle entzieht nämlich im Glühen dem Wasser seinen Sauerstoff, wird damit zur Kohlensäure, die sich als kohlensaures Gas entwickelt, der Wasserstoff nimmt dagegen den Brennstoff der Kohle auf, und geht als Wasserstoffgas über.

Schwefel. Schwefelsäure.

§. 962. Der Schwefel (Sulphur, Soufre) ist eine einfache, entzündliche, säuerbare Substanz, von einer gelben Farbe; unauf löslich im Wasser; geruchlos, außer wenn er gerieben oder erhitzt wird, von einem eigenthümlichen; aber schwachen, Geschmacke.

§. 963. Der Schwefel wird in der Wärme erst weich, ehe er schmilzt, und dieses Schmelzen geschieht bey 224° Fahrth. Bey dieser Hitze und etwas darüber fängt er an, zu Dämpfen aufgelöst zu werden, an denen man im Dunkeln schon ein Leuchten wahrnimmt. Wenn der geschmolzene Schwefel in nicht zu kleinen Massen ruhig erkalte, so krystallisirt er sich leicht in zarten Nadeln. Der natürliche kommt gewöhnlich in octaedrischen Krystallen, doch mit verschiedenen Abänderungen, krystallisirt vor.

§. 964. Im Anfange des Schmelzens ist der Schwefel sehr flüssig; er wird aber bey weiterm Erhitzen zäher und rothbraun von Farbe, in welchem Zustande er schon einen Antheil Sauerstoff aufgenommen hat und damit in den Anfang einer Säurewerdung tritt (*Oxide de soufre*). Wenn man ihn jetzt ins Wasser gießt, so bleibt er weich, wie Wachs, und nimmt leicht allerley Eindrücke an. Mit der Zeit erhärtet er und erhält seine vorige Farbe und Consistenz wieder.

§. 965. Wenn man von dem geschmolzenen Schwefel zur Verhütung der Entzündung den Zugang

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 627.

gang der freien Luft abhält, so steigt er als Dampf in die Höhe und legt sich bey der Sublimation als kleine zarte Nadeln an, welche man Schwefelblumen, Schwefelblüthen (*Flores sulphuris*) nennt.

§. 966. Erhitzt man den geschmolzenen Schwefel beim Zutritte der Luft stärker, so entzündet er sich und brennt, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, mit Flamme und einem fauern und erstickenden Dunste. Der Schwefel wird bey diesem Verbrennen zu einer Säure. Ist die Hitze, wobey der Schwefel verbrennt, nur schwach, so ist die Flamme des Schwefels blau, und die Säure, die sich erzeugt, ist unvollkommen (§. 872.), sehr flüchtig und gasförmig; ist aber die Hitze stärker, so wird die Flamme des Schwefels weißer und lebhafter, und man bildet sich vollkommene Schwefelsäure in Dunstgestalt.

§. 967. Man nehme Schwefelfäden, lege sie in eine blecherne Kapsel, die in einer Schale auf Wasser schwimmt, zünde sie an, und stürze nun eine Glocke mit Sauerstoffgas gefüllt darüber. Es verbrennt nur ein Antheil Schwefel, das Sauerstoffgas wird zersetzt, und es steigt das Wasser in der Glocke empor. Es wird hierbei nicht alles Sauerstoffgas verzehret, wenn es auch ganz rein ist, weil der Schwefel früher verlischt, vermöge des Dunstes von der Säure und dem schwefligsauren Gas, das sich bildet. Das in die Glocke aufgestiegene Wasser ist nun sauer und röthet die Lackmustinctur sogleich. Es enthält freylich nicht bloß vollkommene, sondern auch unvoll-

Kommene Schwefelsäure (§. 966.), die sich aber mit der Zeit an der Luft in die erstere verwandelt.

§. 968. Nach Herrn Berthollet nehmen 69 Theile Schwefel beim Verbrennen 31 Theile Sauerstoff auf, und bilden damit 100 Theile wasserfreie Schwefelsäure; indessen ist diese Bestimmung noch nicht ganz genau genug.

Lavoisier traite élément. S. 66, 72. 240. Berthollet über die Schwefelsäure; in *Crells chem. Annalen*. 1789. B. I. S. 220. ff. Ebendesselben Fortsetzung der Versuche über die Schwefelsäure; ebendasselbst 1790. B. I. S. 417. ff.

§. 969. Die Schwefelsäure (*Acidum sulphuricum*, *Acide sulfurique*), die man sonst auch *Vitriolsäure* (*Acidum vitrioli*, *vitriolicum*) nennt, ist: also das gesättigte Product aus der Verbindung des feines Brennstoffes beraubten Schwefels mit dem Sauerstoffe. Man gewinnt sie im Großen ebenfalls durchs Verbrennen des Schwefels. Die concentrirte Schwefelsäure führt im Handel auch den Namen des *Vitriolöls* (*Oleum vitrioli*). Man bereitet diese concentrirte Schwefelsäure auch durch Destillation aus dem grünen Vitriole, der die Verbindung derselben mit Eisen ist, nachdem man ihr durch Brennen bis zur rothen Farbe von seinem vielen Krystallenwasser (§. 859.) befreit hat.

§. 970. Das Vitriolöl ist eine sehr starke Säure; es brennt und ätzt in die Haut ein. Im reinen Zustande ist es farbenlos und geruchlos; es wird aber durch leicht verbrennliche Dinge des Thier- und Pflanzenreichs mehr oder weniger braun und schweflig riechend, wie das verkäufliche gewöhnlich ist. Sein eigen:

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 629

eigenthümliches Gewicht geht von 1,800 bis 2,000. Es ist ziemlich feuerbeständig und erfordert zum Sieden eine starke Hitze. Eben deshalb läßt sich schwächeres Vitriolöhl durch Abdunsten des Wässerigen stärker machen. Das stärkste Vitriolöhl enthält indessen immer noch Wasser. Mit Wasser vermischt, erhitzt es sich sehr stark.

§. 971. Die Schwefelsäure liefert mit den Alkalien und alkalischen Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelsalze. Wir merken hier das schwefelsaure Gewächsalz (vitriolisirter Weinstein), das schwefelsaure Mineralalkali (Glaubersalz), die schwefelsaure Kalkerde (Gyps oder Selenit), die schwefelsaure Schwererde (Schwerspath), die schwefelsaure Talkerde (Bittersalz) und die schwefelsaure Thonerde (Alaun).

§. 972. Der Schwefel ist eines verschiedenen Grades der Säuerung (*Oxygénation*) fähig (§. 872.). In der Schwefelsäure ist er mit Sauerstoff gesättigt oder fast gesättigt, und sie wird daher als vollkommene Säure angesehen; bei einem mindern Gehalte an Sauerstoff liefert der Schwefel eine Säure von anderer Natur und andern Eigenschaften, die als unvollkommene Schwefelsäure anzusehen ist, und die ich schweflichte Säure (*Acidum sulphureosum, Acide sulfureux*) *) nenne.

*) Synonyma: phlogistisirte Vitriolsäure (*Acidum vitrioli phlogisticatum*), flüchtige Schwefelsäure (*Acidum sulphuris volatile*), flüchtige Vitriolsäure (*Acidum vitrioli volatile*).

§. 973. Man erhält diese schweflichte Säure beim schwachen Verbrennen des Schwefels, wobei

kömmerie Schwefelsäure (§. 966.), die sich aber mit der Zeit an der Luft in die erstere verwandelt.

§. 968. Nach Herrn Berthollet nehmen 69 Theile Schwefel beim Verbrennen 31 Theile Sauerstoff auf, und bilden damit 100 Theile wasserfreie Schwefelsäure; indessen ist diese Bestimmung noch nicht ganz genau genug.

Lavoisier traite élément. S. 66. 79. 240. Berthollet über die Schwefelsäure; in Crelles chem. Annalen. 1789. B. I. S. 330. ff. Ebendasselben Fortsetzung der Versuche über die Schwefelsäure; ebendasselbst 1790. B. I. S. 457. ff.

§. 969. Die Schwefelsäure (*Acidum sulphuricum*, *Acide sulfurique*), die man sonst auch *Vitriolsäure* (*Acidum vitrioli*, *vitriolicum*) nennt, ist also das gesättigte Product aus der Verbindung des seines Brennstoffes beraubten Schwefels mit dem Sauerstoffe. Man gewinnt sie im Großen ebenfalls durchs Verbrennen des Schwefels. Die concentrirte Schwefelsäure führt im Handel auch den Namen des *Vitriolöls* (*Oleum vitrioli*). Man bereitet diese concentrirte Schwefelsäure auch durch Destillation aus dem grünen Vitriole, der die Verbindung derselben mit Eisen ist, nachdem man ihr durch Brennen bis zur rothen Farbe von seinem vielen Krystallenwasser (§. 859.) befreiet hat.

§. 970. Das Vitriolöl ist eine sehr starke Säure; es brennt und äht in die Haut ein. Im reinen Zustande ist es farbenlos und geruchlos; es wird aber durch leicht verbrennliche Dinge des Thier- und Pflanzenreichs mehr oder weniger braun und schwefligt riechend, wie das verkäufliche gewöhnlich ist. Sein eigen-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 629

eigenthümliches Gewicht geht von 1,800 bis 2,000. Es ist ziemlich feuerbeständig und erfordert zum Sieden eine starke Hitze. Eben deshalb läßt sich schwächeres Vitriolöl durch Abdunsten des Wässerigen stärker machen. Das stärkste Vitriolöl enthält indessen immer noch Wasser. Mit Wasser vermischt, erhitzt es sich sehr stark.

§. 971. Die Schwefelsäure liefert mit den Alkalien und alkalischen Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelsalze. Wir merken hier das schwefelsaure Gewächsalz (vitriolisirter Weinstein), das schwefelsaure Mineralalkali (Glaubersalz), die schwefelsaure Kalkerde (Gyps oder Selenit), die schwefelsaure Schwererde (Schwerspath), die schwefelsaure Talkerde (Bittersalz) und die schwefelsaure Thonerde (Alaun).

§. 972. Der Schwefel ist eines verschiedenen Grades der Säuerung (*Oxygénation*) fähig (§. 872.). In der Schwefelsäure ist er mit Sauerstoff gesättigt oder fast gesättigt, und sie wird daher als vollkommene Säure angesehen; bei einem mindern Gehalte an Sauerstoff liefert der Schwefel eine Säure von anderer Natur und andern Eigenschaften, die als unvollkommene Schwefelsäure anzusehen ist, und die ich schweflichte Säure (*Acidum sulphurosum, Acide sulfureux* *) nenne.

*) Synonyma: phlogisirte Vitriolsäure (*Acidum vitrioli phlogisticatum*), flüchtige Schwefelsäure (*Acidum sulphuris volatile*), flüchtige Vitriolsäure (*Acidum vitrioli volatile*).

§. 973. Man erhält diese schweflichte Säure beim schwachen Verbrennen des Schwefels, wobei

er mit einer blauen Flamme verbrennt. Die Säure, die sich hierbei bildet, ist weit schwächer an Acidität und sehr flüchtig, wie schon der erstickende Geruch zeigt, der sich bei diesem Verbrennen äußert, so daß sie bei dem Ausschusse der Feuchtigkeit sogar in Gasform erscheint.

§. 974. Man gewinnt diese schweflige Säure auch, wenn man zu der Schwefelsäure einen Körper setzt, der durch seine Anziehung zum Sauerstoffe dem Schwefel einen Antheil davon entzieht. Bringt man etwas Baumöl mit dem Vitriolöl zusammen, so erzeugt sich sogleich schweflige Säure, und es verbreitet sich ein Geruch, wie vom brennenden Schwefel. Eben dies geschieht, wenn man eine glühende Kohle in Vitriolöl abköcht. In beiden Fällen entzieht der Kohlenstoff der Schwefelsäure einen Antheil Sauerstoff, wobei sich dann zugleich kohlensaures Gas erzeugt.

§. 975. Am reinsten erhält man die schweflige Säure durch Auflösen verschiedener Metalle im Vitriolöl mittelst der Siedhitze. Man schütte zu dem Ende gleiche Theile Quecksilber und Vitriolöl in eine gläserne Retorte, die mit der pneumatischen Quecksilbermanne in Verbindung ist, und erhitze das Gemenge im Sandbade bis zum Sieden. Das Quecksilber entzieht in dieser Hitze der Schwefelsäure von ihrem Sauerstoffe und wird dadurch verkalft; die Schwefelsäure hingegen verwandelt sich in schweflige Säure und geht in Gasform in die Vorlagen über.

§. 976. Dieses Gas heißt schwefligsaures Gas (Gas sulphurosum, Gaz acide sulfureux). *) Es ist

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 631

ist specifisch schwerer, als atmosphärische Luft (s. oben S. 253.). Es hat einen erstickenben Geruch und schwach-säuerlichen Geschmack, ist irrespirabel, und unfähig, das Verbrennen zu unterhalten. Es läßt sich nicht vom Wasser sperren, sondern dies saugt es ein, oder eigentlicher, es zerlegt es, und entzieht die schwefligte Säure dem Wärmestoffe.

*) Synonyma: vitriolsaure Luft (Aër acidus vitrioliens), Schwefelluft, Schwefelgas (Aër sulphureus, Gas sulphureum).

§. 977. Das Wasser, welches die schwefligte Säure aufgelöst hat, ist nun als liquide schwefligte Säure anzusehen. Es besitzt den schwefligten Geruch und einen säuerlichen Geschmack. Es röthet zwar den Violensyrup, zerstört aber doch seine Farbe endlich ganz. Die Tinctur der Rosenblätter und mehrere Pigmente verlieren dadurch ihre Farbe gänzlich. Hierauf gründet sich auch das Schwefeln der Seide, um sie weiß zu machen.

§. 978. An der Luft nimmt die schwefligte Säure nach und nach wieder mehr Sauerstoff aus der Luftebene an, verliert so ihre charakteristischen Merkmale und wird wieder zur Schwefelsäure.

§. 979. Wasser und Schwefel haben keine wechselseitige Wirkung auf einander, und es scheint nicht, daß der Schwefel für sich, auch in höhern Temperaturen, das Wasser zerlegen könne. Der Sauerstoff ist also dem Wasserstoffe näher verwandt, als dem Schwefel.

§. 980.

§. 980. Stickstoff und Kohlenstoff haben auch keine bemerkbare Verwandtschaft zum Schwefel; der Wasserstoff aber kann damit Vereinigung eingehen, wie wir gleich weiter anführen werden.

§. 981. Ein vorzügliches Auflösungsmittel für den Schwefel sind die Alkalien, so wohl auf nassem, als auf trockenem Wege. Wenn man gleiche Theile ägendes Gemächsalkali oder Mineralalkali und Schwefel in einem bedeckten Tiegel bey mäßigem Feuer schmelzt, so erhält man ein Gemisch, das nach dem Erkalten eine leberbraune Farbe hat, und so lange es trocken bleibt, geruchlos ist, beym Anfeuchten aber sogleich einen Geruch wie nach faulen Eiern entwickelt, an der Luft zerfließt, und sich völlig im Wasser mit goldgelber Farbe auflöst. Diese Verbindung heißt Schwefelleber (*Hepar sulphuris*). Ich nenne sie in der methodischen Nomenclatur **Schwefelalkali** (*Alkali sulphuratum*, *Sulfure d'alkali*).

§. 982. Wenn man zur Auflösung des Schwefelalkali in Wasser eine Säure schüttet, so wird wegen der nähern Verwandtschaft des Alkali zur Säure der Schwefel geschieden, und zwar in Gestalt eines zarten weißen Pulvers, das man **Schwefelmilch** (*Lac sulphuris*, *Magisterium sulphuris*) nennt. Beym Zusatz der Säure zum Schwefelalkali wird der übele Geruch, den die Auflösung des letztern schon hat, noch viel unerträglicher und stärker. Wendet man trockenes Schwefelalkali an, so entsteht ein Aufbrausen, das bey der Vermischung der Säure mit der wässer.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 633

wässerigen Auflösung des reinen Schwefelalkali in der Kälte nicht wahrzunehmen ist. Jener Geruch rührt von der Entwicklung und Verbreitung eines eigenen Gas her, das eine nähere Betrachtung verdient.

§. 983. Man nehme frisch bereitetes, gepulvertes Schwefelalkali, schütte es in eine gläserne Tubulatrete, die im erwärmten Sandbade liegt, und deren Hals mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist; man gieße darauf verdünnte Schwefelsäure, und bringe alles nach und nach zum Kochen. Bedient man sich hierbei der mit Wasser gefüllten Wanne, so ist es gut, wenn das Wasser darin warm ist.

§. 984. Dieses so erhaltene Gas heißt **schwefelhaltiges Wasserstoffgas** (*Gas hydrogenium sulphuratum, Gaz hydrogène sulfuré*). *). Es unterscheidet sich durch einen sehr unangenehmen Geruch, ist irrespirabel, löscht ein hineingebrachtes Licht aus, ist aber selbst entzündlich, und brennt in Vermischung oder Berührung des Sauerstoffgas nach der Entzündung; auch durch den electrischen Funken läßt es sich anzünden, wenn es mit Sauerstoffgas vermischt ist. Wenn man das Gas mit Lebensluft zusammen in einem Glase genau verschließt und stehen läßt, so findet man nach einiger Zeit das schwefelhaltige Wasserstoffgas zerfällt, und einen dünnen Ueberzug von Schwefel an den Wänden des Gefäßes.

*) Synonyma: *Hepatisches Gas, Schwefelleberluft* (*Gas hepaticum, Aër hepaticus*).

§. 985. Kaltes Wasser saugt das schwefelhaltige Wasserstoffgas nach und nach ein und erlangt davon den Geruch und Geschmack des letztern. Das damit gesättigte Wasser kommt mit den so genannten Schwefelwassern oder Schwefelbädern (*Thermas hepaticae*) überein, dergleichen das Aachner ist, und man kann vermittlest der Parkerschen Glasgeräthschaft (§. 611.) diese Wasser künstlich nachahmen. An der Luft werden diese Wasser trübe, und es scheidet sich Schwefel daraus ab; sie machen den Weilsensaft grünlich; sie trüben das Kaltwasser nicht, außer wenn sie zugleich Kohlensäure enthalten; sie verlieren durchs Kochen ihren Geruch und Geschmack und ihren Schwefelgehalt.

§. 986. Die Basis des jetzt beschriebenen Gas ist brennbarhaltiger Wasserstoff und Schwefel. Durch die Verbindung des Schwefels mit Alkalien und alkalischen Erden erhält nämlich derselbe das Vermögen, das Wasser durch Anziehung des Sauerstoffes zu zersetzen, was er für sich allein nicht vermag (§. 979.). So wie also Schwefelalkali mit dem Wasser in Berührung kommt, so entzieht es ihm Sauerstoff, der mit einem Theile des Schwefels zur Schwefelsäure wird, die mit der alkalischen Substanz in Verbindung geht, während der Brennstoff dieses zur Schwefelsäure werdenden Schwefels an den Wasserstoff tritt. Dieser frey werdende Wasserstoff des Wassers nimmt einen Antheil Schwefel auf, und bildet damit die Basis unseres Gas, die aber von dem frey gewordenen Antheile des Alkali zurückgehalten und erst beyrn
Zusatz

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 635

Zusatz einer Säure und durch Hülfe der Wärme daraus frey wird und als Gas entweicht. Wenn auf das trockene Schwefelalkali eine verdünnte Säure gegossen wird, so ist es nur das Wasser der Säure, was unser Gas bilden hilft, und die Säure trägt weiter nichts bei, als daß sie die Basis des Gas vom Alkali, wovon sie aufgelöst wird, entbindet. — Die Zersetzung des schwefelhaltigen Wasserstoffgas durch Sauerstoffgas läßt sich daraus erklären, daß der Wasserstoff und der Sauerstoff sich dabei anziehen und Wasser bilden, wobei der Schwefel niederschlagen wird. Eben dies ist der Grund, warum das Wasser, welches schwefelhaltiges Wasserstoffgas aufgelöst enthält, an der freyen Luft Schwefel fallen läßt.

§. 987. Das im Wasser aufgelöste Schwefelalkali erfährt beim Zutritte der freyen Luft eine gänzliche Zersetzung; die vorher klare Auflösung wird trübe, es schlägt sich Schwefel nieder, und die übrige Lauge enthält endlich noch bloß schwefelsaures Alkali mit mehr oder weniger kohlensaurem verbunden. Auch das trockene Schwefelalkali verwittert an der freyen Luft und verliert alle seine eigenthümlichen Eigenschaften, so daß endlich bloß schwefelsaures Alkali mit mehr oder weniger kohlensaurem Alkali und Schwefel vermengt, übrig bleibt.

§. 988. Läßt man Schwefelalkali in einer Schale unter einer mit Sauerstoffgas gefüllten und mit Wasser gesperrten Glasglocke stehen, so findet man,
daß

daß das Sauerstoffgas nach und nach verschwindet, während das Schwefelalkali die vorhin angezeigten Veränderungen erfährt. Eben wegen dieser Wirkung des Schwefelalkali auf die Lebensluft bediente sich Scheele derselben auch als eudiometrisches Mittel (§. 850.). Hr. Guyton (Morveau) hat neuerlich die Anwendung des Schwefelalkali dazu von neuem empfohlen und die Verfahrensart dabey vortheilhaft abgeändert.

Beschreibung eines neuen Eudiometers; von Guyton (Morveau); in Gengs neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 138. ff.

§. 989. Der Grund der wechselseitigen Einwirkung des Schwefelalkali und des Sauerstoffgas liegt in der Anziehung des Schwefels zum Sauerstoffe, und des Wasserstoffes zu eben demselben, und es ist hieraus leicht zu erklären, warum das Schwefelalkali mit der Zeit zum schwefelsauren Alkali werden kann. Ein anderer Grund von der Zersetzung der Schwefelleber in der atmosphärischen Luft ist in der Kohlensäure zu suchen, die sich in letzterer findet, vom Alkali nach und nach angezogen wird, und es kohlensauer macht, wodurch es nun unfähig wird, den Schwefel aufzulösen zu erhalten, der sich also niederschlagen muß.

§. 990. Die Verwandlung der Schwefelsäure in schweflichte Säure durch die oben (§. 974. f.) angegebenen Mittel ist schon eine Zersetzung derselben, aber nur eine unvollkommene. Soll derselben aller Sauerstoff entzogen und folglich der Schwefel daraus wieder dargestellt werden, so ist erforderlich, daß der Kohlenstoff, durch dessen stärkere Anziehung zum Sauer-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 637

Sauerstoffe diese Zerlegung vorzüglich bewerkstelligt werden kann, in der Temperatur der Glühhitze darauf wirken könne, und daß folglich die Schwefelsäure so fixirt sey, um diesen Grad der Hitze ertragen zu können. Das letztere ist der Fall, wenn sie an ein feuerbeständiges Alkali oder an eine Erde gebunden ist.

§. 991. Wenn man demnach gleiche Theile feuerbeständiges Alkali und schwefelsaures Gewächsalkali mit dem vierten Theile des Gewichts des Ganzen Kohlenstaub innigst vermengt, und in einem bedeckten Schmelztiegel schmelzen läßt; so erhält man wirklich Schwefelalkali, aus dem man nach dem Auflösen im Wasser und Durchseihen den Schwefel durch eine Säure fällen kann.

§. 992. In diesem Prozesse nimmt die Kohle bei der Temperatur des Glühens, kraft ihrer stärkern Verwandtschaft, den Sauerstoff der Schwefelsäure in sich, und entweicht als kohlensaures Gas, während ihr Brennstoff wieder zum Schwefel geht; der wiederhergestellte Schwefel geht mit dem Alkali in Verbindung, wodurch er nachher durch eine Säure wieder geschieden werden kann.

§. 993. Auf diesen Uebergang der Schwefelsäure in Schwefel durch glühende Kohle gründet sich auch die Entstehung des bononischen Leuchtsteins (Phosphorus bononiensis) aus Schwerspath, an welchem Vincenzo Casciarolo die leuchtende Eigenschaft zuerst beobachtete. Man macht Schwerspath in einem Schmelztiegel erst rothglühend, reißt ihn
dann

dann in einem steinernen oder gläsernen Mörser zu einem feinen Pulver, vermengt dies mit etwas Traganthschleim, bildet daraus dünne Scheiben- und allerley Figuren, die man trocknet, und dann zwischen Kohlen in einem gut ziehenden Windofen stark glühet und sie nach verzehnten Kohlen herausnimmt. Sie leuchten im Dunkeln, wenn man sie vorher eine Zeit lang am Tageslichte liegen läßt. Ihre leuchtende Kraft verliert sich mit der Zeit. Beim Befeuchten mit Wasser äußern sie einen Geruch nach schwefelhaltigem Wasserstoffgas. — Es ist mir höchst wahrscheinlich, daß dieses leuchten ein schwaches Verbrennen des Schwefels sey, der in diesem Prozesse aus der Schwefelsäure gebildet wird und mit der Schwelerde in Vereinigung ist, in welcher Vereinigung er weit geneigter ist, als für sich allein das Sauerstoffgas zu setzen. Die Entwicklung des Wärmestoffes ist hierbey für die einzelnen Augenblicke der Beobachtung zu unbedeutend, als daß sie wahrgenommen werden könnte.

§. 994. Eine gleiche Bewandniß hat es auch mit Cantons Lichtmagnet oder Phosphorus, den man am sichersten so verfertigt, daß man gleiche Theile Austerschaalen und Schwefel aufs innigste und feinste vermenigt, und in einem bedeckten Schmelztiegel einige Stunden lang in der Weißglühhitze erhält. Die zusammengebackene weiße Masse zerbricht man in kleine Stücke und schüttet sie in eine trockene Glasröhre, die man gut verstopft. Man findet die Masse im Dunkeln leuchtend, wenn man sie vorher dem Tageslichte eine kurze Zeit ausgesetzt hat.

§. 995.

§. 995. Endlich gehört hierher noch Zomberg's Pyrophor oder Lustründer, der sich an der freien Luft, zumal wenn diese feucht ist, von selbst entzündet und mit einem Schwefelgeruche abbrennt. Man nimmt fünf Theile gebrannten Alaun und einen Theil feines Kohlenpulver, vermengt es aufs genaueste, schüttet es in eine kleine irdene Flasche mit einer engen Mündung, so daß sie etwa bis zu zwey Drittel angefüllt wird, umschüttet sie bis an den Hals in einem Ziegel mit Sande und stellt diesen ins Feuer. Man erhitzt alles stufenweise bis zum Glühen der Flasche. Es bildet sich nun Schwefel, der sich sublimirt und an der Mündung der Flasche mit einer blauen Flamme brennt. Wenn man die Flamme an der Mündung nicht weiter wahrnimmt, so ist der Pyrophor fertig. Man verstopft die Flasche erst mit einem gut passenden Thonsdöpsel, nimmt den Ziegel aus dem Feuer, und wenn die Flasche mehr erkaltet ist, verschließt man sie mit einem Korkstöpsel recht fest.

§. 996. Wenn man von dem gut gerathenen Pyrophorus etwas auf Papier schüttet, so erhitzt er sich, zumal beim Anhauchen, und fängt dann ganz von selbst Feuer. Er verbrennt unter einem starken schweflichten Geruche. In nicht gut verwahrten Gefäßen verliert er seine Selbstentzündlichkeit mit der Zeit.

§. 997. Es ist durch Versuche ausgewacht, daß der Alaun nur in so fern Pyrophorus gebe, als er Gewächssalkali enthält, und daß die Thonerde nichts dazu

dazu beitrage. In der Glühhitze zerfällt nun die Kohle die Schwefelsäure des Alauns und wird zum kohlenfauren Gas, welches austritt; die Schwefelsäure wird zum Schwefel, der sich verflüchtigt und verbrennt. Das Gewächsalkali, das bey allem verflüchtigen Alaun ist, fixirt indessen einen Antheil Schwefel und hält ihn zurück, zumal da die Calcinationshitze nicht bis zum gänzlichen Verflüchtigen alles Schwefels hinreicht; ferner bleibt die überflüssig zugesetzte Kohle ebenfalls übrig. Die Theile des Pyrophors sind demnach höchst trockenes, ägendes Gewächsalkali, Schwefel, Kohle und Thonerde. An der feuchten Luft zieht das erstere schnell Feuchtigkeits an, erhitzt sich damit, und diese Hitze ist hinlänglich, den Schwefel zur Entzündung zu bringen; da er ohne dies bey seiner Verbindung mit alkalischen Substanzen zur Zerlegung des Sauerstoffgas weit mehr geneigt ist; diese Entzündung des Schwefels im Pyrophor pflanzt sich zu den damit vermengten Kohlentheilen fort.

Stickstoff und dessen Verbindung mit Sauerstoff.

§. 998. Die ponderabele Basis des Stickgas, dessen wir schon in dem Vorhergehenden (§. 829.), als Rückstand der atmosphärischen Luft, deren Sauerstoffgas durchs Verbrennen einer verbrennlichen Substanz zerlegt worden ist, erwähnt haben, heißt Stickstoff (*Azotum*, *Azote*). *) Er ist für sich nicht darstellbar, und bis jetzt ungenutzt. Bey der Tempera-
ratur

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 641

natur und dem Drucke der Luft, woben wir leben, erscheint er in Verbindung mit dem Wärmestoffe gasförmig, als Stickgas.

*) Synonyma: Salpetrastoff, Salpetersäurestoff.

§. 999. Das Stickgas selbst unterscheidet sich von andern Gasarten sehr charakteristisch. Es dient weder zur Respiration für Thiere, noch zur Unterhaltung des Verbrennens. Es ist unentzündlich; geruch- und geschmacklos; wird weder vom Wasser noch von alkalischen Flüssigkeiten eingesogen; und ist etwas wenigens specifisch leichter, als atmosphärische Luft (S. 253.). In der Atmosphäre macht es bey weitem den größten Antheil aus. Es findet sich auch in der Schwimmblase der Fische.

§. 1000. Der Stickstoff macht einen Grundstoff sehr vieler Körper des Pflanzenreichs, und besonders des Thierreichs aus. Mit dem brennbarhaltigen Wasserstoffe bildet er zusammen das Ammoniak (§. 885.), das nach Berthollet aus bennähe 0,4 Theilen Stickstoff und 0,1 Theile Wasserstoff zusammengesetzt ist. Das bey der trockenen Destillation und bey der Fäulniß thierischer und vegetabilischer Dinge zum Vorscheine kommende Ammoniak ist erst ein Product aus diesen genannten Grundstoffen. Beym Verbrennen des Ammoniakgas mit Sauerstoffgas (§. 885.) erhält man daher auch Wasser und Stickgas.

§. 1001. Der Stickstoff ist eine säuerbare Substanz; er ist der Verbindung mit Sauerstoff fähig und liefert damit nach den verschiedenen Graden der

Aufnahme des Sauerstoffes verschiedene Producte. Die gesättigte Verbindung des Stickstoffes mit dem Sauerstoffe giebt die Salpetersäure; die minder gesättigte constitutirt die unvollkommene Salpetersäure, die ich salpetrige Säure nenne; ein noch minderer Grad der Oxydation macht die Basis des Salpetergas, und der mindeste die Basis des sauerstoffhaltigen Stickgas.

Lavoisier traité élém. T. I. S. 78. ff.

§. 1002. Die Salpetersäure (*Acidum nitricum*, *Ac. nitrique*) macht einen Bestandtheil des Salpeters aus, worin sie mit dem Gewächssalkali zum Neutralsalze verbunden ist, und man kann sie vermittlest der Schwefelsäure, die eine nähere Verwandtschaft zum Gewächssalkali hat, daraus austreiben. Wenn man nämlich Vitrioldhl auf Salpeter gießt, so entsteht ein Aufbrausen und Erhizung, und es wird sogleich eine Menge eines röthgelben scharfen Rauchs entbunden, der sich durch Destillation zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichten läßt. Die hierbey gesammelte Säure heißt auch rauchender Salpetergeist (*Spiritus nitri fumans Gläuberi*). Ihr eigenthümliches Gewicht ist bis 1,583; sie stößt bey Berührung der Luft röthlichgelbe Nebel aus, womit auch der übrige Raum in den Standflaschen, worin man sie aufbewahrt, erfüllt ist. Sie zieht Feuchtigkeit stark an; erhitzt sich bey der Vermischung mit Wasser, wobey die Entwicklung der röthlichen Nebel noch weit häufiger wird. Bey dieser Verdünnung mit Wasser wird
sie

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 643

sie erst grün, bey noch mehrerm zugesetzten Wasser blau, und zuletzt verschwindet alle Farbe.

§. 1003. Die gelbe oder röthliche Farbe, und die Eigenschaft, röthlichgelbe Nebel auszustossen, kommen der vollkommenen Salpetersäure, als solcher, nicht zu, sondern setzt schon eine Modification derselben voraus und rührt von minder vollkommener Salpetersäure her. Wenn man daher die rauchende Salpetersäure aus einer gläsernen Retorte im Sandbade bey ganz gelindem Feuer nochmals destillirt, so erhebt sich der rauchende Theil zuerst, und der Rückstand verliert endlich alle seine Farbe und seine rauchende Beschaffenheit. Eben so wird diese flüchtigere rauchende Säure bey der Vermischung mit Wasser von der übrigen vollkommenen Säure geschieden, und die farblose verdünnte Säure ist nun als die reine vollkommene Salpetersäure anzusehen. Die verdünnte Salpetersäure heisst auch Scheidewasser (Aqua fortis).

§. 1004. Die Salpetersäure unterscheidet sich von der Schwefelsäure durch einen eigenen Geruch, durch ihre Flüchtigkeit, durch ihre große Schärfe gegen organische Theile. Sie färbt Haut, Haare, Seide, u. dergl., dauerhaft gelb. Die mit der vollkommenen Salpetersäure hervorgebrachten Neutral- und Mittelsalze zeigen am besten ihren Unterschied von andern Säuren. Ich nenne von diesen nur das salpetersäure Gewächssalkali (gemeiner Salpeter) und die salpetersäure Kalkerde (Mauersalpeter).

§. 1005. In der Natur erzeugt sich die Salpetersäure bey der Verwesung organischer, besonders thierischer Substanzen, aus dem Stickstoffe derselben und dem Sauerstoffe, und die erzeugte Salpetersäure tritt mit der Kalterde der Dammerde, worin die Verwesung geschieht, zusammen, und bildet so den Mauer salpeter (§. 1004.).

§. 1006. Der rauchende, röthlich gefärbte, Antheil, der sich aus dem rauchenden Salpetergeiste durch Erhitzung absondern läßt (§. 1003.); sich nur schwer zur liquiden Flüssigkeit verdichtet, sehr flüchtig ist, schon in der gewöhnlichen Temperatur röthlichen Dampf und Nebel bildet, und nicht die Acidität hat, als die vollkommene Salpetersäure, ist als unvollkommene Salpetersäure anzusehen, die ich salpetrigte Säure (*Acidum nitrosum*, *Acide nitreux*) nenne (§. 1001.). Sie ist in desto größerer Menge im rauchenden Salpetergeiste enthalten, je rauchender das Bitriolöl war, dessen man sich zur Austreibung desselben bediente.

§. 1007. Daß in der salpetrigten Säure die säurefähige Grundlage mit weniger Sauerstoff verbunden sey, als in der Salpetersäure, erhellet aus mehreren Erfahrungen. Wenn man nämlich Salpeter in einer gläsernen beschlagenen Retorte, die mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist, glähen läßt, so geht eine große Menge Sauerstoffgas über, und zuletzt entwickeln sich auch Dämpfe von salpetriger Säure, wenn die Retorte dem Schmelzen gehörig wider-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 643

widersteht. Die zurückbleibende Salzmasse schmeckt alkalisch, läßt aber beim Aufgießen, selbst von schwächern Säuren, wie von Essigsäure, die sonst die Salpetersäure nicht austreibt, rothe Dämpfe fahren und giebt salpetrigte Säure. Offenbar wird hier der vollkommenen Salpetersäure durch das Feuer ein Antheil Sauerstoff entzogen, der damit als Sauerstoffgas austritt, und die saurefähige Grundlage der Salpetersäure bleibt, mit weniger Sauerstoff und mit aufgenommener Basis des Lichts oder Brennstoff verbunden, als salpetrigte Säure beim Alkali zurück, bis auch durch die anhaltende Hitze ein größerer oder geringerer Antheil derselben ausgetrieben wird. Wenn vollkommene Salpetersäure durch eine glühende gläserne Röhre getrieben wird, so liefert sie auch Sauerstoffgas und salpetrigte Säure. Endlich, wenn man ungefärbte, concentrirte Salpetersäure in einer recht durchsichtigen Retorte, die in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft ist, den Sonnenstrahlen aussetzt, so entwickelt sich Sauerstoffgas und die rückständige Salpetersäure wird wieder gefärbt. — Dunkle Wärme, ohne Licht, bewirkt diese Veränderungen nicht.

§. 1008. Alle Körper des Thier- und Gewächsreichs zersetzen die Salpetersäure und entziehen ihr durch ihren Kohlenstoff den größten Antheil Sauerstoff, so daß sie dadurch nun von anderer Natur und anderm Verhalten erscheint. Ein gleiches thun auch sehr viele Metalle, wie z. B. Kupfer, Quecksilber, Eisen. Wird Salpetersäure darauf geschüttet, so
entsteht

petersäure enthalte, die durch Aufnahme des Sauerstoffes wieder zur Salpetersäure wird; und daß also das Metall bei der Auflösung in Salpetersäure (§. 1009.) einen Antheil dieser letztern zersehe, ihr Sauerstoff entziehe, dagegen Brennstoff abtrete, und sie dadurch in einen veränderten Zustand bringe, wobei sie in der Temperatur unserer Atmosphäre luftförmig erscheint, nicht mehr als Säure wirkt, und andere Eigenschaften zeigt. Bei Berührung des Salpetergas mit Sauerstoffgas ziehen sich aber die Grundlagen beider Luftarten an und bilden unter Entlassung ihres Wärmestoffes wieder Salpetersäure.

§. 1015. Die Basis des Salpetergas enthält also außer Brennstoff das Radical der Salpetersäure; indessen werpen die folgenden Erfahrungen zeigen, daß sie dasselbe noch nicht rein enthält, sondern noch selbst in Verbindung mit einem Antheile Sauerstoff, der aber nicht hinreichend ist, das Radical in den Zustand einer Säure zu bringen. Es wird also der Salpetersäure durch das Metall (§. 1009.) nicht aller, sondern nur der größte Theil des Sauerstoffes entzogen, und die Basis des Salpetergas besteht demnach aus Brennstoff, dem Radical der Salpetersäure und etwas Sauerstoff.

§. 1016. Die Bildung der Basis des Salpetergas ist aber noch nicht der erste Grad der Oridirung des Radicals der Salpetersäure, sondern es giebt noch einen niedrigeren. Wenn man nämlich Salpetergas über angefeuchtetem Eisenfeil oder angefeuchtem

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 647

atmosphärische Luft treten läßt, so entstehen sogleich röthlichgelbe Nebel unter Erwärmung und eine Verminderung des Volums beider Luftarten; das Wasser steigt in dem Cylinder höher und wird nun zur verdünnten Salpetersäure. Wenn man beide Luftarten solcher Gestalt in gehörigem Verhältnisse vermischt hat, so bleibt endlich bloß noch das Stickgas der atmosphärischen Luft übrig. Man braucht gewöhnlich 16 Maasse atmosphärische Luft, um $7\frac{1}{2}$ M. Salpetergas völlig zu zerstoren.

§. 1012. Wenn man statt der atmosphärischen Luft im vorigen Versuche (§. 1011.) reines Sauerstoffgas anwendet, so ist die Abthung und Erhitzung weit beträchtlicher; und wenn beide Luftarten völlig rein waren, so erfolgt, bey der Vermischung derselben im gehörigen Verhältnisse, ein gänzlich Verschwinden derselben. Indessen sind das Salpetergas und das Sauerstoffgas schwerlich ganz von allem Stickgas rein zu erhalten, welches dann übrig bleibt. Man braucht etwa 4 M. Lebensluft zu $7\frac{1}{2}$ M. Salpetergas.

§. 1013. Die rothen Nebel, die in beyden Erfahrungen (§. 1012.) entstehen, sind salpetrige Säure, die nach und nach in Salpetersäure übergeht und vom Wasser eingesogen wird. Aus Sauerstoffgas und Salpetergas wird also Salpetersäure, und jene beyden Luftarten hören auf, zu seyn.

§. 1014. Es folgt aus allen diesen Erfahrungen, daß das Salpetergas die Grundlage der Salpeter:

650 II. Theil. 3. Hauptstück.

Jos. Priestley's Vers. u. Besch. über versch. Gatt. der Luft, Th. I. S. 208. Th. III. S. 16. 22. 126. 128. 133. Eben-
desselben Vers. u. Besch. über versch. Theile der Natur.
Th. I. S. 40. 50. Th. II. S. 156. 165. 306. Ueber die
Natur des von Hrn. Priestley so genannten dephlogistirten
Salperegases oder der gasförmigen azotischen Halbsäure,
von J. A. Deumann, Troostkopf, Rheinland, Bunde
und Laubernburgh; in Grens neuem Journ. d. Phys. B. I.
S. 243. ff.

§. 1018. Das Radical der Salpetersäure ist
also mehrerer Grade der Orogenirung fähig (§. 1001.).
Der erste oder niedrigste Grad ist die Basis des sauer-
stoffhaltigen Stickgas; der zweyte die Basis des Sal-
petergas; der dritte die salpetrigte Säure; und der
vierte und letzte die Salpetersäure.

§. 1019. Das Stickgas hat keinen Einfluß auf
das Salpetergas, und beyde Gasarten wirken nicht
auf einander. Eben so wenig wirkt kohlen-saures Gas,
Wasserstoffgas, schweflig-saures und Ammoniakgas
darauf. Weil also die gewöhnlichen irrespirablen
Luftarten das Salpetergas nicht zersetzen, und es nur
das Sauerstoffgas thut, und dieses dadurch auch selbst
zersezt wird; so hat man eben das Salpetergas als
ein indifferntes Mittel zur Prüfung des Gehalts
der atmosphärischen Luft an Lebensluft vorgeschlagen
und angewendet (§. 850.). Indessen gewährt diese
Prüfungsart doch keine stetigen und zuverlässigen Resul-
tate, obgleich übelgens das Verfahren und die Werk-
zeuge dazu von Fontana und Ingenhousz gar sehr
verbollkommenet worden sind.

§. 1020. Weder die Kohlen noch der Schwefel
zersetzen in der Kälte die Salpetersäure, wohl aber in
der Hitze und wenn die letztere recht concentrirt ist,
obgleich

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 656

obgleich nur schwer und langsam. In Verbindung mit Wasserstoff zerfällt aber so wohl die Kohle als der Schwefel die Salpetersäure weit leichter: das erstere beweisen vegetabilische und thierische Stoffe, wie z. B. Zucker, Oehle, u. a. m., die schon in mäßiger Wärme die Salpetersäure in Salpetergas verwandeln; das letztere wird durch schwefelhaltiges Wasserstoffgas dargethan, welches von concentrirter Salpetersäure zerlegt wird und diese selbst zerlegt.

§. 1021. Die völlige Zersetzung der Salpetersäure und die Scheidung ihres Radicals kann durch Kohle in der Temperatur der Glühhitze bewirkt werden, indem die Kohle in dieser Hitze, wegen ihrer nähern Verwandtschaft zum Sauerstoffe, denselben der Salpetersäure ganz entzieht. Wenn aber die Salpetersäure zur Temperatur der Glühhitze gebracht werden soll, so muß sie fixirt seyn, wie sie es im Salpeter durchs Gewächssalkali ist.

§. 1022. Der Salpeter, der für sich allein in der Hitze ruhig fließt, bringt sogleich eine Entzündung mit einem Geräusche zuwege, wenn man ihn mit glühender Kohle in Berührung bringt, oder ihn in glühenden Fluß setzt und dann Kohle darauf trägt. Diese Entzündung und Zersetzung des Salpeters in der Hitze mit entzündlichen Dingen nennt man das Verpuffen (Detonatio) derselben.

§. 1023. Nicht bloß die Kohle, sondern auch der Schwefel, der Phosphor, die mehresten Metalle, und

und überhaupt alle entzündliche Körper bringen mit glühendem Salpeter Verpuffen hervor.

§. 1024. Das Verbrennen der entzündlichen Körper beim Verpuffen geschieht weit lebhafter und schneller und mit weit stärkerm Lichte, als sonst in atmosphärischer Luft, und ganz so als in reinem Sauerstoffgas. Der Salpeter wird dabei zerstört, und es bleibt nur das Gewächssalkali desselben übrig, das aber frenlich durch die erzeugte neue Säure, zu welcher der verbrennliche Körper das Radical und die Salpetersäure den Sauerstoff hergaben, mehr oder weniger verändert seyn kann. Wenn man daher auf Salpeter, der in einem glühenden Tiegel im Feuer fließt, Kohlenpulver so lange aufträgt, bis kein Verpuffen mehr erfolgt, so bleibt das Gewächssalkali nur zum Theil kohlenfauer übrig, weil durch das Glühen derselben selbst ein Antheil der gebildeten Kohlenfäure wieder ausgetrieben wird. Wenn man sich bei diesem Versuche statt der Kohle des Schwefels bedient, so hat man ebenfalls eine lebhaftere Verpuffung, und das rückständige Alkali ist schwefelsauer. Der Schwefel ist also auch in der Glühhitze dem Sauerstoffe näher verwandt, als das Radical der Salpetersäure.

§. 1025. Die Entzündung des Schießpulvers ist ebenfalls eine wahre Verpuffung des Salpeters vermittelt der dabei befindlichen Kohlen- und Schwefeltheile. Die Güte desselben hängt von der Reinigkeit der dazu erforderlichen Materialien, von der ge-
nauen

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 653

neuen und innigen Vermengung derselben, und dem gehdriigen Verhältnisse derselben gegen einander ab. Dieses Verhltniſſ der Ingredienzien desselben ist freylich nach dem besondern Gebrauche, wozu das Pulver bestimmt ist, verschieden. Gewöhnlich besteht es aus 0,75 Salpeter, 0,16 Kohlen und 0,09 bis 0,10 Schwefel. Der Schwefel ist nöthig, damit das Pulver desto leichter Feuer fange.

§. 1026. Ein anderes hierher gehdriiges merkwürdiges Gemenge ist das Knallpulver (*Pulvis fulminans*), welches das Besondere hat, daſſ es, ohne eingeschlossen zu seyn, auch schon in geringer Menge, bey einer allmähligen, bis zur Entzündung des Schwefels gehenden Erhzung, in einem Löffel über glühenden Kohlen, mit einem heftigen Schlage, abbrennt. Man macht es aus drey Theilen Salpeter, zwey Theilen trockenen Weinsteinſalzes und einem Theile Schwefel, die man recht fein zusammenreibt.

§. 1027. Um nun beurtheilen zu können, was aus der beym Verpuffen des Salpeters zerſetzten Salpetersäure wird, muſſ man dasselbe nothwendig in verschlossenen Gefſen in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft unternehmen. Es dient dazu am besten ein Gemisch aus einem Theile Kohlenpulver und drey Theilen Salpeter. Den Zusatz von Schwefel muſſ man, wegen der sonst entstehenden Heftigkeit der Explosion, ganz vermeiden. Man bringt von dem mſſig angefeuchteten Gemenge in das genau geschlossene Ende eines Flintenlaufs, stampft

es fest, legt dieses Ende zwischen Kohlen, und den Flintenlauf stark geneigt mit seiner Mündung unter den Trichter der mit heißem Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats. So wie die Stelle, wo sich das zu verpuffende Gemenge endigt, glühend wird, hebt die Verpuffung an, und verbreitet sich nach und nach durch die ganze Masse mit heftiger und häufiger Entwicklung von Gas. Nach Endigung des Versuchs findet man den Salpeter im Flintenlaufe völlig zerstört, und an seiner Stelle kohlen-saures Gerwäch-alkali mit mehr oder weniger unverbrannter Kohle; die übergegangene Luft besteht aus kohlen-saurem Gas und Stickgas.

§. 1028. Da die Kohlen-säure, die sich hierbey bildet, nicht anders erzeugt werden kann, als daß die Kohle der Salpeter-säure den Sauerstoff entzieht; da ferner alle Salpeter-säure hierbey verschwindet und auch das Sperrwasser bey'm Versuche nichts davon enthält; da ferner eine so große Menge von Stickgas hierbey zum Vorschein kommt: so folgt, daß der **Stickstoff** das Radical der Salpeter-säure oder ihr säure-fähiges Substrat ausmache. Da sich die Quantität der bey diesem Prozesse erzeugten Kohlen-säure und der dabey verzehrten Kohle bestimmen läßt, so kann man auch aus dem schon bekannten Verhältnisse des Kohlenstoffes zum Sauerstoffe in der Kohlen-säure, und der Quantität des gesammelten Stickgas schließen, wie das Verhältniß des Sauerstoffes zum Stickstoffe in der im Salpeter befindlichen, höchst concentrirten, Salpeter-säure sey. Herr Lavoisier bestimm-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 353

te die Zusammensetzung dieser Salpetersäure sehr nahe aus 0,205 Stickstoff und 0,795 Sauerstoff.

Lavoisier traité élémentaire, T. II. S. 324. ff.

§. 1029. Der Stickstoff ist also das säurefähige Substrat der Salpetersäure, und erscheint nach Maassgabe des Verhältnisses des damit verbundenen Sauerstoffes in verschiedener Form und Natur. Mit etwa vier Theilen Sauerstoff und ohne Brennstoff macht er die Salpetersäure, mit etwa drey Theilen desselben und etwas Brennstoff die salpetrige Säure, mit nahe zwey Theilen desselben und mehr Brennstoff die Basis des Salpetergas, und mit wenig mehr als gleichen Theilen Sauerstoff und noch mehrerm Brennstoffe die Basis des sauerstoffhaltigen Stickgas. Alles Sauerstoffes beraubt und mit Brennstoff gesättigt, giebt das Radical der Salpetersäure das Stickgas.

§. 1030. Eine Bestätigung dieser Theorie giebt die Erfahrung, daß Salpetergas, durch einen glühenden Flintenlauf getrieben, sich ganz in Stickgas verwandelt, indem das glühende Metall hierbei den noch im Salpetergas befindlichen Antheil Sauerstoff gänzlich in sich nimmt und dagegen Brennstoff abträgt. Ferner erklärt sich daraus die gänzliche Zerstörung des salpetersauren Ammoniaks für sich im Glühfeuer, und seine Verwandlung in Wasser und Stickgas; in gleichen die Verwandlung des flüssigen Ammoniaks in Salpetergas, wenn es durch glühenden Braünstein in einer Röhre destillirt.

Ueber die Erzeugung der Salpetersäure und Salpeterluft, von J. Müller; in *Gerns Journale der Physik*, B. III. S. 83. ff.

§. 1031. Einen synthetischen Beweis für die Mischung der Salpetersäure kann die Erfahrung von Lavoisier geben, welcher zu Folge ein Gemisch von sieben Theilen Sauerstoffgas und drey Theilen Stickgas in einer mit alkalischer Lauge gesperrten Glasröhre durch häufig wiederholte electrische Funken im Volum vermindert und die Lauge salpetersauer wurde. Freylich bleibt es hierbey noch unentschieden, was die electrische Materie hierbey selbst beygetragen habe.

Ueber die Verwandlung eines Gemisches der dephlogistisirten Luft in Salpetersäure durch Hülfe des electrischen Funkens, von Lavoisier; in *Gerns Journale der Physik*, B. I. S. 282. ff.

§. 1032. So viel scheint indessen als Thatsache ausgemacht zu seyn, daß die Natur bey der Verwesung organischer Körper Stickstoff, der ein Bestandtheil derselben ist, mit Sauerstoff des Wassers oder der Atmosphäre zur Salpetersäure vereinigt, und diese in so fern ein Product der Verwesung genannt werden kann. Daß aber Sauerstoffgas und Stickgas durch ihre Vermischung keine Salpetersäure geben, das hindert die Verwandtschaft ihrer respectiven Grundlagen zu dem Wärmestoffe, womit sie in diesen Gasarten vereinigt sind.

§. 1033. Jetzt läßt sich nun die Theorie des Verpuffens nach dem aniphlogistischen Systeme leicht geben. Der Salpeter entwickelt in der Glühhitze Sauerstoffgas (§. 1007.), welches das lebhafteste Verbrennen der
ver:

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 537

verbrennlichen Substanzen verursacht. In der dabey Statt findenden Temperatur bemächtigt sich die verbrennliche Substanz des Sauerstoffes der Salpetersäure gänzlich, ihr Radical, der Stickstoff mit Brennstoff gesättigt, wird frey und entweicht als Stickgas, und so wird die Salpetersäure gänzlich zerstört. Die große Menge des Wärmestoffes, welche die Salpetersäure auch im Salpeter noch gebunden enthält, und die nicht gänzlich zur Bildung der entstehenden Gasarten verwendet wird, und der Brennstoff der verbrennlichen Substanz, der vom Radical der Salpetersäure nicht alle aufgenommen werden kann, ist Ursach des beym Werpuffen entstehenden starken Feuers. — Eigentlich kann man aber die Erscheinungen des Werpuffens nicht von der aus dem Salpeter entwickelten Lebensluft abteilen; und es ist nicht diese, sondern die Salpetersäure selbst, die, ehe noch ihr Sauerstoff luftförmig entwickelt wird, durch denselben die verbrennliche Substanz in der Glühheize zum Verbrennen bringt. Uebrigens läßt sich leicht daraus erklären, warum das Verbrennen derselben vermittelt des Salpeters auch beym Ausflusse aller Luft in verschlossenen Gefäßen Statt haben kann. In der überaus schnellen Verbreitung des Verbrennens durch die Masse des Schießpulvers im verschlossenen Raume; in der Menge von Stickgas und kohlensaurem Gas, die dabey so plötzlich erzeugt wird; in der über alle Berechnung großen Elasticität, welche dieses Gas durch die überaus große Menge des frey werdenden Feuers erhalten muß; und in der Expansivkraft des letztern

im Augenblicke seines Freywerdens, ist der Grund der fürchterlich großen Kraft zu suchen, welche das Schießpulver ausübt, wenn es im verschlossenen Raume entzündet wird (§. 566.).

Versuch einer neuen Theorie über das Schießpulver von Jagenbouz; in seinen verm. Schreften, B. I. S. 393. ff.

§. 1034. Beym Abbrennen des Knallpulvers (§. 1026.) ist es wohl gemäß, daß durchs allmähliche Schmelzen desselben aus dem Schwefelalkali, (zu Folge des im Salpeter und Alkali befindlichen Wassers,) schwefelhaltiges Wasserstoffgas gebildet wird, oder vielmehr im ersten Anfange seiner Entstehung begriffen ist und mit der aus dem Salpeter entbundenen Lebensluft eine Knallluft macht.

Phosphor. Phosphorsäure.

§. 1035. Der Phosphor (Phosphorus), den man, zum Unterschiede von andern im Dunkeln leuchtend erscheinenden Körpern, auch Zunderstein oder Urm-Phosphor nennt, ist eine einfache entzündliche Substanz, durchscheinend, weißlich von Farbe, etwas zähe von Consistenz, und in einer Hitze, die noch nicht die Siedhitze des Wassers erreicht, schmelzbar. Er ist beym Ausflusse der Luft in der Hitze flüchtig und läßt sich überdestilliren. Er macht einen weit verbreiteten Grundstoff in den organischen Körpern, besonders im Thierreiche aus, findet sich aber auch im Mineralreiche, wie z. B. im Eisen aus Gumpferzen.

§. 1036. Der Phosphor entzündet sich beim Zutritte der atmosphärischen Luft oder des Sauerstoffgas bei einer Wärme von 30 bis 32° R., und wird darin zur Phosphorsäure (*Acidum phosphoricum*, *phosphorique*). Die Umstände, welche dieses Verbrennen des Phosphors begleiten, sind schon oben (§§. 827. 834.) beschrieben worden. Der Phosphor läßt sich auch durch Reiben leicht in den zu seiner Entzündung nöthigen Grad der Wärme bringen. Auf die leichte Entzündlichkeit des Phosphors gründen sich übrigens die Turmer Ketzen, das *Feu portatif* und andere Spielwerke. Zur Verhütung seiner Entzündung bewahrt man ihn in Wasser auf.

§. 1037. Die Phosphorsäure (§. 1036.) unterscheidet sich wesentlich von andern Säuren. Sie ist feuerbeständig; sie kann das Glühfeuer vertragen, ohne sich zu verflüchtigen, und schmilzt dabei zu einem durchsichtigen, an der Luft wieder zerfließlichen, Glase. Sie bildet mit den Alkalien und Erden eigenthümliche Neutral- und Mittelsalze, von denen wir hier nur das phosphorsaure Ammoniak, das sich auch im menschlichen Harn findet, und die phosphorsaure Kalkerde merken. Letztere ist im Wasser unauflöslich und geschmacklos und bildet den größten Theil der Knochenasche.

§. 1038. Durch bloßes Glühen für sich läßt die Phosphorsäure sich nicht zerlegen und ihren Sauerstoff nicht fahren. Aber durch Hülfe des Kohlenstoffes läßt sie sich im Glühen zersetzen, indem der Kohlen-

stoff mit dem Sauerstoffe der Phosphorsäure zur Kohlensäure wird, die in Gasgestalt entweicht, und das Radical der Phosphorsäure mit dem Brennstoffe der Kohle gesättigt wieder Phosphor giebt. Es bereitet man auch den Phosphor aus Phosphorsäure und Kohlenstaub durch Destillation.

§. 1039. An der atmosphärischen Luft entwickelt der Phosphor bey einer Temperatur, die nicht bis zu seiner Entzündung reicht, auf seiner ganzen Oberfläche einen sanften weißen Rauch, von einem knoblauchartigen Geruche, der im Finstern leuchtet. Der Phosphor zerfließt dabey zu einer sauern Flüssigkeit. Die dabey Statt findenden Umstände, die Erklärung des Phänomens, und die darauf gegründete Anwendung des Phosphors zu einem eudiometrischen Mittel sind schon oben (§§. 847. 851.) angeführt worden.

§. 1040. Die saure Flüssigkeit, die sich bey diesem leuchten des Phosphors in atmosphärischer Luft bildet, ist unvollkommene Phosphorsäure, die ich durch den Namen der phosphorigten Säure (*Acidum phosphorosum*, *A. phosphoreux*) unterscheide. Sie besitzt einen knoblauchartigen Geruch, stößt in der Hitze einen weißen stechenden Rauch aus und verwandelt sich dabey in vollkommene oder Phosphorsäure, woben sich im Finstern auch leuchten zeigt.

§. 1041. Der Phosphor entzieht der Schwefelsäure in der Hitze, der Salpetersäure auch schon in der Kälte, den Sauerstoff, und wird Phosphorsäure.

§. 1042.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 661

§. 1042. Die Oefte, so wohl die fetten als die ätherischen, lösen den Phosphor auf, und die Auflösung leuchtet im Dunkeln.

§. 1043. Mit Benhülfe der ähenden feuerbeständigen Alkalien und der gebrannten Kalkerde zerlegt der Phosphor das Wasser sehr leicht. Wenn man daher Phosphor mit einer ähenden Lauge des feuerbeständigen Alkali kocht, so nimmt er den Sauerstoff des Wassers auf und wird zur Phosphorsäure, die sich mit dem Alkali verbindet, während der Wasserstoff des Wassers den Brennstoff des Phosphors aufnimmt und in Verbindung mit einem Antheile Phosphor als eine eigene Gasart austritt, die man phosphorhaltiges Wasserstoffgas (Gas hydrogëniûm phosphoratum, *Gaz hydrogène phosphoré* *) nennt.

*) Synonyma: Phosphorgas, Phosphorluft.

Geugener über eine neue Luft, welche man durch die Wirkung von Laugealkalien auf künftigen Phosphor erhält; in *Crovis Chem. Annalen*, 1786. B. I. S. 314. ff.

§. 1044. Um diese Gasart bequem und ohne Gefahr zu entbinden, muß man so wenig atmosphärische Luft, als möglich, in die Gefäße einschließen. Man nehme zu dem Ende eine kleine zinnerne oder irdene Flasche von etwa zwey Unzen Inhalt, schütte auf einen Theil Phosphor in derselben etwa zwölf Theile einer starken ähenden Lauge des Gewächsalkali, so daß nur wenig Luft eingeschlossen bleibt; man stecke einen Kork fest auf, durch welchen eine gekrümmte Glasröhre geht, die höchstens 1½ Linie im Durchmesser

messer hat, und deren anderes Ende unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats tritt; und erhöhe die Flasche allmählig im Sandbade durch Lampenfeuer bis zum Kochen der Lauge.

§. 1045. Die Blasen des Gas, welche hierbei übergehen, haben einen sehr unangenehmen, gleichsam fauligen Geruch. läßt man sie an die atmosphärische Luft treten, so entzünden sie sich von selbst mit einem Knalle, und der weiße Rauch, den sie zurücklassen, steigt bey ruhiger Luft als ein horizontaler Ring, der sich immer mehr und mehr erweitert, empor; er ist wiedererzeugte Phosphorsäure. Zum Sauerstoffgas gelassen, entzünden sich diese Blasen mit Heftigkeit. Vom Wasser wird dieses Gas nicht aufgelöst, und an für sich trübt es weder das Kaltwasser, noch röthet es die Lackmustrinctur.

§. 1046. Die Basis dieses Gas ist brennbarhaltiger Wasserstoff und Phosphor. In dieser Vereinigung ziehen sie den Sauerstoff stärker an, als sie einzeln für sich thun; sie zerlegen also das Sauerstoffgas plöblich, verbrennen; und das Product dieses Verbrennens ist Feuer, Wasser und Phosphorsäure.

Säure des Rochsalzes, Flußspathes und Boraxes.

§. 1047. Die drey verschiedenen Säuren, die im Rochsalze, im Flußpathe und im Boraxe als eigenthümliche Säuren einen Bestandtheil ausmachen, sind

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 663

Sub bis jetzt noch nicht zerlegt, oder man kennt ihr Radical noch nicht (§. 867.). Der Analogie nach mit andern Säuren müssen wir aber freilich schließen, daß auch sie aus Sauerstoff und einem eigenen Substrate bestehen.

§. 1048. 1) Wenn man auf gewöhnliches Kochsalz Vitriolöl gießt, so entsteht sogleich eine beträchtliche Erhitzung und ein Aufbrausen, und es entwickeln sich häufige weißliche Nebel von einem eigenthümlichen sauern und scharfen Geruche und Geschmacke. Wenn man diese Nebel vermittlest einer Destillation auffängt, und durch so wenig Wasser als möglich verdichtet hat, so erhält man eine saure Flüssigkeit, die man in Officinen rauchenden Salzgeist (*Spiritus salis fumans Glauberi*) nennt.

§. 1049. Diese saure Flüssigkeit ist eine Säure eigener Art, die man nach dem Salze, woraus man sie gewinnt, im Systeme Kochsalzsäure, Salzsäure (*Acidum muriaticum, Acide muriatique*) genannt hat. Da aber die so erhaltene Säure, wie die Folge lehren wird, eigentlich nur eine unvollkommene Säure, oder da ihr Radical noch eines höhern Grades der Sättigung mit Sauerstoff fähig ist, so nenne ich sie **salzigte Säure** (*Acidum muriatatum*) (§. 872.), und brauche den Namen **Salzsäure** für jenen höhern Grad ihrer Origenirung.

§. 1050. Eigentlich entweicht diese Säure bey ihrer Austreibung aus Kochsalz durch concentrirte Schwefelsäure in Gasform, und wird durch das vor-
geschla-

geschlagene Wasser wieder daraus verfliehet, indem es die Basis dieses Gas in sich nimmt. Man erhält daher dieses Gas, wenn man die Mündung der Retorte sogleich unter den Trichter der Quecksilberwanne setzen läßt und die aufsteigenden Blasen gehörig auffängt. Dieses Gas nenne ich salzigtsaures Gas (*Gas muriatosum* *). Es ist sehr sauer; denn seine Basis ist die salzigte Säure. Es ist erstickend, unfähig zur Unterhaltung des Verbrennens; wird vom Wasser augenblicklich verschluckt, und das Wasser wird liquide salzigte Säure. Die Alkalien, Kalkwasser, u. dergl., saugen es schnell ein und verlieren dadurch ihre alkalische Beschaffenheit. Mit atmosphärischer und Lebensluft bildet es weißliche Nebel. Wenn man Ammoniakgas damit vermischt, so verlieren beide Gasarten sogleich ihre Luftform unter Erwärmung und werden zu einem festen Salze (*Salmiak*). Kohlen-saures Gas, Stickgas, reines und schwefelhaltiges Wasserstoffgas, schwefligtsaures Gas und Salpetergas haben keine Wirkung darauf, wenn sie nicht feucht sind.

*) Synonyma: Salzsaures Gas (*Gas acidum muriaticum, Gas acide muriatique*).

§. 1051. Von den eigenthümlichen Neutral- und Mittelsalzen mit der salzigten Säure merke ich: das salzigtsaure Mineralalkali, (das Rochsalz, Stein-salz, Meer-salz); das salzigtsaure Ammoniak (*Salmiak*); die salzigtsaure Kalkerde; die salzigte Talkerde; die salzigtsaure Schwererde; und salzigte Strontionerde.

§. 1052.

Schwere einfache Stoffe. ihre Verbindungen. 663

§. 1052. Das Radical der salzigten Säure läßt sich mit noch mehrern Sauerstoffen verbinden, und erscheint dann in einem andern Zustande, von andern Verhältnissen und Eigenschaften: es wird aus der vollkommenen Säure, die ich, zum Unterschiede der vorigen, *Salzsäure* (*Acidum muriaticum* *) nenne (§. 872.), die man eben fälschlich als mit Sauerstoff übersättigt ansieht (§. 873.) und deshalb *origenirte Salzsäure* (*Acidum muriaticum oxigenatum*, *Acide muriatique oxigène*) genannt hat.

*) Synonyma: Dephlogistisirte Salzsäure (*Acidum falis dephlogisticatum*).

§. 1053. Zur Bereitung der Salzsäure bedient man sich des Braunsteins, der, wie wir wissen (§. 832.), sehr vielen Sauerstoff enthält und ihn an die salzigte Säure leicht abtritt. Man schüttet davon gepulvert einen Theil in eine Retorte, gießt drey Theile concentrirte salzigte Säure darauf, legt sie in ein Sandbad, bringt sie mit der pneumatischen Wanne, die mit heißem Wasser gefüllt ist, in Verbindung, und erhitze sie gelinde. Es entsteht eine Art von Aufbrausen, und es entwickelt sich nach der atmosphärischen Luft eine elastische Flüssigkeit von einer blaßgelben Farbe, die man in Gläser mit eingeriebenen Sedimenten auffängt.

§. 1054. Die erhaltene elastische Flüssigkeit ist kein Gas, sondern ein Dampf, der bey einer Verminderung der Temperatur, die kaum an den Gefrierpunkt reicht, zu einer festen spießigten Substanz geräth, die durch Wärme wieder zur elastischen Flüssigkeit

figkeit wird. Die elastische Salzsäure besitzt einen allgemein stechenden und erstickenden Geruch, tödtet hineingebrachte Thiere sehr schnell und ist ganz und gar irrespirabel, wird vom Wasser nach und nach eingefogen, und bildet nun damit liquide Salzsäure. Man kann sie auch nicht durch Quecksilber sperren, weil sie dieses auflöst, sondern nur in Gläsern mit eingeriebenem Stöpsel aufbewahren.

§. 1055. Die Salzsäure röthet nicht nur erst blaue Pflanzensäfte, sondern zerstört ihre Farbe ganz, so wie alle Pflanzenfarben. Alle bunte Blumen und grüne Blätter werden darin mit der Zeit weiß und ungefärbt. Die verlornene Farbe läßt sich durch kein Alkali wiederherstellen. Hierauf gründet sich die Anwendung der Salzsäure zum Bleichen von Leinwand und Baumwolle.

§. 1056. Eine brennende Wachskerze brennt in der elastischen Salzsäure fort, obgleich mit vermindelter und dunklerer Flamme. Phosphorus, Kohle, Zinnober, graues Spießglanzerz, Spießglanz, Wisnuth, Zink, u. a. verbrennliche Körper mehr, fein gepulvert in die erwärmte elastische Salzsäure geschüttet, entzünden sich darin sogar von selbst. Es entziehen diese verbrennlichen Substanzen der Salzsäure einen Antheil Sauerstoff und verwandeln sie in salzige Säure.

§. 1057. Wasserstoffgas giebt mit elastischer Salzsäure ein Gemisch, das sich anzünden läßt; das Product des Verbrennens ist wässrige salzige Säure.

Der

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 667

Der Schwefel zerlegt die Salzsäure auch, verwandelt sie in salzigte Säure und wird selbst zur Schwefelsäure. Schwefeltes Wasserstoffgas wird davon auf eine ähnliche Art afficirt, als von Lebensluft; es scheidet sich Schwefel ab, und die Salzsäure wird zur salzigten Säure. Salpetergas bringt mit elastischer Salzsäure sogleich röhliche Nebel zuwege, und es bilden sich salpetrige Säure und salzigte Säure. Stickgas scheint keine Wirkung auf Salzsäure zu haben; aber Ammoniakgas bringt mit der erwärmten elastischen Salzsäure eine Art von Verbrennung zuwege; das Ammoniak wird ganz zersezt; es erzeugt sich Stickgas, Wasser und salzigte Säure.

§. 1058. Die Neutral- und Mittelsalze, (*Muriates oxygénés*), die aus der Verbindung der Salzsäure mit Alkalien und Erden entspringen, unterscheiden sich von den salzigtsäuren wesentlich. Ich nenne hier nur das salzsaure Gewächsoalkali (*Muriate de Potasse oxygéné*), das auch die zerstörenden Wirkungen der Salzsäure auf Pflanzenfarben besitzt, in der Hitze sehr reine Lebensluft entwickelt und dann zu salzigtsäurem Gewächsoalkali wird. Mit Kohlenstaub vermengt und in einen glühenden Schmelztiiegel getragen, bewirkt das Salz eine heftige Verpuffung; eben so auch mit Schwefel. Mit Phosphor zusammengerieben macht es eine gefährliche Explosion.

§. 1059. Wenn man flüchtige Salzsäure in einer weißen gläsernen Retorte, die mit der pneumatischen Einrichtung in Verbindung ist, den Sonnenstrahlen aus,

aussieht, so entwickelt sich daraus Sauerstoffgas, und der Rückstand ist salzigte Säure. Man hat hieraus Anlaß genommen, die Salzsäure als ein Photometer zu brauchen; aber es gewährt ganz und gar keine Zuverlässigkeit.

§. 1060. Auch der Salpetersäure entzieht die salzigte Säure von ihrem Sauerstoffe und verwandelt sich dadurch in Salzsäure. Wenn man daher einen oder zwei Theile starke und farbenfreye Salpetersäure mit vier Theilen concentrirter salzigter Säure zusammenmischt, so entsteht Erhitzung und ein Aufbrausen, und es entwickelt sich daraus elastische Salzsäure, so wie auch das Gemisch den Geruch derselben zeigt und eine gelbe Farbe annimmt. Das rückständige Gemisch enthält nun unvollkommenere Salpetersäure mit der Salzsäure gemischt. Es hat von den ältern Chemikern den Namen Königswasser (*Aqua regia, regia*), auch Goldschmelzwasser, erhalten, und ist als salpetrige Säure Salzsäure (*Acidum nitroso-muriaticum, Acide nitro-muriatique*) anzusehen. Durch seinen Gehalt an Salzsäure ist es wirksam, und zeigt deshalb andere auflösende Kräfte, als salzigte Säure allein oder Salpetersäure allein; dadurch hat es auch seine auflösende Kräfte aufs Gold.

§. 1061. 2) Wenn man auf fein geriebenen Zinnspath Wiriobli gießt, so tritt sogleich eine Menge weißliche Nebel von einem sauren Geruche und Geschmache hervor. Hält man eine Glasplatte über diesen Nebel,

Schwere einfache Gase u. ihre Verbindungen. 669

Nebel, so wird die Glase: derselben sehr schnell angegriffen, sie verliert ihre Helligkeit, wird undurchsichtig, und das Glas wird wirklich angefressen. Diese Wirkung auf Glas und Kiesel Erde besitzt keine andere bis jetzt bekannte Säure, und deshalb ist die aus dem Flußspathe durch Vitriolöhl ausgetriebene Säure als eine eigenthümliche zu betrachten. Ich nenne sie flüssige Säure (*Acidum fluorosum* *)).

*) Synonyma: Flußspathsäure, Spathsäure (*Acidum fluoris mineralis*), *Acidum fluorinum* (*Acide fluorique*) der Franzosen.

§. 1062. Die flüssige Säure hat sehr viel Aehnlichkeit mit der salzigten Säure im Geruche, Geschmacke und in ihrer Flüchtigkeit. Man kann sie nicht in fester Gestalt darstellen und ohne vorgeschlagenes Wasser bey der Destillation nicht erhalten. Eigentlich ist sie im wasserfreien Zustande gasförmig, und wird in dieser Form aus dem Flußspathe durchs Vitriolöhl getrieben, das Gas wird aber bey der Destillation von dem vorgeschlagenen Wasser zerlegt, und seine Basis davon abgesogen, die nun damit die liquide flüssige Säure bildet. Wenn man demnach bey der Destillation des Flußspathes mit Vitriolöhl die Mündung der Retorte unter den Trichter der Quecksilberwanne der pneumatischen Geräthschaft bringt, so geht die flüssige Säure als eine permanente elastische Luft über und macht das flüssigsäure Gas (*Gas fluorosum* *). Dieses Gas verwandelt sich bey Berührung der atmosphärischen Luft in weißliche Nebel, wird vom Wasser sogleich verschluckt oder vielmehr zerlegt, und bildet damit

damit liquide flüssige Säure. Es ist schwerer als atmosphärische Luft, ist irrespirabel, verlißt ein hineingebrachtes Licht, ist sehr sauer, trübt das Kaltwasser gleich, und wird davon zersetzt, so wie auch von Alkalien, und tritt wie Ammoniakgas zum festen Körper zusammen.

*) Synonyma: *Fluorhydricum Gas*. (*Gas acidum fluoricum*, *Gas acide fluorique*).

§. 1063. Hat man dieses Gas aus einer gläsernen Retorte destillirt, so setzt es bey seiner Zersetzung durch hinzugelassenes Wasser sogleich eine kieseligte Rinde ab, zum Beweise, daß die flüssige Säure die Kiesel Erde sogar in Luftgestalt bringen und verflüchtigen kann.

§. 1064. Mit der Kalkerde liefert die flüssige Säure eine im Wasser völlig unauflösliche Verbindung, und tröpfelt man die Säure zum Kaltwasser, so entsteht sogleich ein Niederschlag, der flüssigsaure Kalkerde ist. Dergleichen ist auch der natürliche Flußspath oder Fluß (*Fluor mineralis*), der wegen seiner Unauflöslichkeit im Wasser allerdings nicht zu den Salzen, sondern zu den Steinen oder Erden gehört. Er kommt in schönen würflichen Krystallen, mehr oder weniger durchsichtig, und von den schönsten und mannigfaltigsten Farben vor. Er ist im Feuer schmelzbar, läßt aber seine Säure dabei nicht fahren. Er löst im Flusse andere Erdbarten auf, und wird deswegen im Hüttenwesen als Zuschlag beim Schmelzen gebraucht, wovon er auch seinen Namen erhalten hat. Beim Erhitzen leuchtet er im Dunkeln.

§. 1065.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 671

§. 1065. 3) Aus dem **Borax** (**Borax**) scheiden die mineralischen Säuren auf nassem Wege ein saures Salz ab, das sich in allen Verhältnissen als eine eigenthümliche Säure charakterisirt und den Namen der **Boraxsäure** (**Acidum boracicum**, *Acide boracique* *) führt. Sie bildet ein glänzendes, weich anzuführendes, schlüpfriges Salz, das kaum einen säuerlichen Geschmack hat, aber die Lackmustinctur röthet, im kalten Wasser sich schwer auflösen läßt, und davon bey 50° Fahrh. 20 Theile erfordert, da es hingegen im kochenden Wasser leicht auflöslich ist. An der Luft ist das Salz beständig; im Feuer ist es nicht flüchtig, es läßt sich aber durch Wasserdämpfe mechanisch in die Höhe reißen. Es schmilzt in der Öluheße zu einer durchsichtigen, glasähnlichen Masse, löst aber leicht von der Thonerde des Ziegels auf. Durch dieses Schmelzen wird es weiter nicht verändert, als daß es sein Krystallisationswasser verliert. Die Boraxsäure unterscheidet sich also durch ihre Feuerbeständigkeit von andern bisher abgehandelten Mineralsäuren gar sehr.

*) Synonyma: **Sedativsalz** (**Sal sedativum Hombergi**).

§. 1066. Von den Verbindungen der Boraxsäure mit Alkalien und Erden nenne ich hier das **boraxsaure Mineralalkali**, vergleichen der Borax selbst ist, der aber doch noch einen Ueberschuß an Mineralalkali enthält; und die **boraxsaure Kaikerde** und **Taiferde**, (**Boracit**).

Metalle.

Metalle.

§. 1067. Auch die Metalle sind einfache verbrennliche Substanzen. Wir kennen gegenwärtig neunzehn wesentlich verschiedene metallische Substanzen: Gold, Platin, Silber, Quecksilber, Blei, Kupfer, Eisen, Zinn, Zink, Wismuth, Spiesglanz, Arsenik, Kobalt, Nickel, Magnesium, Molybdän, Wolfram, Uran und Titan.

§. 1068. Die Metalle übertreffen an specifischem Gewicht alle übrige Gossien, doch ist darin unter ihnen selbst ein beträchtlicher Unterschied. Sie sind vollkommen undurchsichtig. Sie besitzen einen eigenthümlichen Spiegeglanz, der ein charakteristisches Kennzeichen derselben ausmacht, und stehen beim Flusse in der Schmelzhitze mit convexer Oberfläche in irdenen Schmelzgefäßen.

§. 1069. Mehrere Metalle sind dehnbar, und ihre Theile lassen sich durch Druckwerk oder Hämmern an einander merklich verschleben, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren, und sie lassen sich so zu dünnen Blättern und Fäden strecken, wie z. B. Gold, Silber, Platin, Kupfer, Blei, Zinn, Eisen. Andere hingegen sind spröde und lassen sich nicht strecken und dehnen, z. B. Spiesglanz, Arsenik, Kobalt, Wismuth u. Man hat deshalb die Metalle eingetheilt in Ganzmetalle (*Metalla perfecta*) und Halbmetalle (*Semimetalla*). Allein diese Einteilung ist nicht gut statthaft und die Benennung nicht gut gewählt. Denn es läßt sich keine Grenzlinie zwischen

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 673

scheit ihnen ziehen, sondern es gehen vielmehr die geschmeidigen Metalle ganz unmerklich in die festen über.

§. 1070. Die Metalle sind alle schmelzbar, aber in verschiedenen Graden. So schmilzt Quecksilber schon in der gewöhnlichen Temperatur unserer Atmosphäre; einige Metalle schmelzen noch vor dem Glühen, z. B. Zinn, Blei; andere nach dem Glühen, z. B. Silber, Gold, Kupfer, Eisen. Alle Metalle, nur Eisen und Platin ausgenommen, schmelzen, wenn sie den gehörigen Grad der Hitze erreicht haben, plötzlich; die letztern hingegen werden erst erweicht, und darauf beruhet ihre so nützliche Eigenschaft, sich schweißen zu lassen.

§. 1071. Die Metalle sind krystallisirbar, wenn die dazu erforderlichen Bedingungen Statt finden (§. 142.). Bei den so genannten Halbmetallen ist das innere krystallinische Gefüge leicht wahrzunehmen; bei den andern fällt es darum nicht in die Augen, weil eben wegen ihrer Dehnbarkeit sich beim Zerstückeln die Lage ihrer Theile ändert.

§. 1072. Die meisten Metalle sind in ihrer Schmelzhitze feuerbeständig, wie Gold, Silber, Kupfer, Platin, Eisen, Blei, Zinn, Nickel, Kobalt, Magnesium, Wolfram; einige hingegen sind flüchtig und lassen sich in verschlossenen Gefäßen in die Höhe treiben, wie Quecksilber, Wismuth, Zink, Arsenik und Spießglanz. Die Feuerbeständigkeit der ersten ist freilich nur relativ, und man hat in der

größten Hitze großer Brenngläser selbst das Gold schmelzlichtigen gesehen.

§. 1073. Die meisten Metalle lassen sich unter einander zusammenschmelzen, und es entspringen daraus mannigfaltige Metallgemische, Metallverlegungen, oder Legirungen, die wegen ihrer besondern Eigenschaften oft von sehr großem Nutzen sind. Diese Metallgemische sind oft dichter, als sie der Berechnung zu Folge seyn sollten, oft weniger dicht. Merkwürdig ist es, daß einige Metalle gar nicht mit einander zusammengeschmolzen werden können.

Wir merken hier von diesen Metallgemischen: die Legirung des Goldes mit Kupfer oder Silber; die Legirung des Silbers mit Kupfer; beyde zu Münzen und andern Arbeiten: die Bronze (Aes), das Glockengut, Schloßgut aus Kupfer und Zinn; das gelbe Kupfer, Messing, Lombard, Sennelot, aus Kupfer und Zinn; das Zinnamalgama, aus Quecksilber und Zinn zur Verlegung der Spiegel; das Schmelzloch, aus Zinn, Blei und Wismuth; das weiße Kupfer, aus Kupfer und Arsenik.

§. 1074. Alle Metalle, nur Gold, Silber und Platin ausgenommen, erfahren eine höchst merkwürdige Veränderung, wenn sie beim Zutritte der Luft der Schmelzhitze ausgesetzt werden. Um die hierbei stattfindenden Umstände besser wahrnehmen zu können, stelle man folgenden Versuch an. Man nehme eine genau abgewogene Menge von gleichen Theilen Blei und Zinn, und lasse sie in einem flachen Calcinirherden schmelzen. Das Metall verliert sehr bald seine glänzende, spiegelnde Oberfläche, und wird mit einer grauen, erdigen Haut überzogen. Man streiche diese mit einem eisernen Spatel fort, so kommt zwar wieder eine neue metallisch glänzende Fläche

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 675

Fläche zum Vorschein; sie wird aber bald wieder von neuem mit der grauen, erdigen Haut bedeckt, und man kann endlich so bei fortgesetzter Arbeit alles Metall in einen solchen grauen Staub verwandeln. Wenn man das Metall bis zum Glühen erhitzt, so geht diese Veränderung schneller vor, und man sieht endlich das Metall ganz deutlich ursprünglich leuchtend werden, oder verbrennen, und es ist jetzt der Unterschied, daß der entstandene Staub eine gelbliche Farbe erlangt. Durch Umrühren desselben muß man suchen, die noch nicht veränderten Theile des Metalles mit der Luft in Berührung zu bringen, wo sie dann jene Veränderung ebenfalls leicht erfahren. Wenn man bei dieser Arbeit Sorge trägt, daß von dem Metalle nichts verloren geht, so findet man nach Endigung des Processes und dem Erkalten, daß der pulverige, dem Ansehen nach erdige, Rückstand etwa 12 Procent mehr wiegt, als das dazu angewandte Metall.

§. 1075. Es geht also bei diesem Versuche der metallische Glanz, der Zusammenhang, die Geschmeidigkeit, und eine große Anzahl sinnlicher Eigenschaften des Bleies und Zinnes verloren, und diese Metalle verwandeln sich dem Ansehen nach in eine Erde. Eine ähnliche Veränderung widerfährt auch bei gleicher Behandlung jedem dieser Metalle besonders. Metall, das auf irgend eine Weise diese Veränderung erfahren hat, heißt ein Metallkalk (*Calx metallica*); Metall hingegen, das mit allen den vorher beschriebenen Eigenschaften versehen ist, regnum, es Metall oder metallischer König (*Regulus*); und die Operation,

Uu 2

durch

676 . . . II. Theil 3. Hauptst. . .

durch welche ein regulinisches Metall in Kalk verwandelt wird, das Verkalten (Calcinatio).

§. 1076. Alle Metalle, nur Gold, Silber oder Platin ausgenommen, werden im Feuer beym Zutritte der Luft verkalft. Man unterscheidet daher jene, welche durchs Feuer nicht verkalft werden können, durch den Namen der edeln Metalle (*Metalla nobilia*), von den übrigen, welche unedel (*Metalla ignobilia*) genannt werden.

§. 1077. Die Metallkalle haben nach dem Unterschiede der Metalle so wohl, woraus sie entstanden sind, als nach dem Grade der bey der Verkalkung angewandten Hitze, verschiedene Farben und verschiedene Natur. Einige zeigen offenbar eine sauer Salzige Beschaffenheit. Die Kalle der unedeln Metalle, nur der des Quecksilbers ausgenommen, gehen alle, wo nicht für sich allein, doch in Verbindung mit andern, beym Schmelzen in ein Glas, oder wenigstens in eine glasichte Schlacke über, von ansehnlicher Dichtigkeit. Die Schmelzhitze, die dazu erforderlich ist, ist größer, als die, woben die Metalle dieser Kalte fließen.

§. 1078. Diese metallischen Gläser (*Vitra metallica*) besitzen andere Eigenschaften, als ihre regulinischen Metalle. Sie fließen im Feuer in den irdenen Schmelzgefäßen nicht mehr mit convexer Oberfläche, lósen Erden und Alkalien im Flusse auf, was die regulinischen Metalle nicht thun, und lassen sich mit regulinischen Metallen durchaus nicht vereinigen.

Ben

Bei dem Verglasen behalten die feuerbeständigen Metalle die Zunahme des Gewichtes, die sie bei ihrer Entstehung über das Gewicht des angewandten Metalles erhalten haben. Die metallischen Gläser besitzen verschiedene Farben, und die metallischen Kalke ertheilen auch den erdigten und salzigten Gläsern, womit sie sich verglasen, ihrer unterschiedenen Natur nach verschiedene Farben, oft schon, wenn sie ihnen nur in geringer Menge zugesetzt werden. Metallkalke, die für sich kein durchsichtiges Glas geben, können andern Glase, mit dem sie zusammengeschmolzen werden, auch die Durchsichtigkeit rauben. Auf die Verbindung anderer Gläser mit den metallischen, und die Färbung durch dieselbigen, gründet sich die Bereitung der künstlichen Edelgesteine und Glasflüsse, der Pigmente zum Porzellan- und Emailmahlen, der Schmelzgläser und des Emails, und der Glasuren.

§. 1079. Wenn man den Kalk von Blei, z. B. Bleiglätte oder Mennige, mit Kohlenstaub vermengt, in einem bedeckten Schmelzgefäße der Schmelzhitze aussetzt, so verwandelt er sich wieder in regulinisches Blei. Diese Operation, durch welche man die metallischen Gläser und Kalke wieder in regulinisches Metall verwandelt, heißt das Wiederherstellen oder Reduciren (Reductio).

§. 1080. Die Wiederherstellung der unedeln Metalle aus ihren Kalten und Gläsern erfordert allemal den Zusatz einer verbrennlichen Substanz, wie z. B. der Kohle, oder solcher Dinge, die Kohlenstoff enthalten.

enthalten, als: Seife, Pech, Harz, Fett, Oehl. Bey schwerflüssigen Metallkalten kann man sich aber nur der feuerbeständigern Reducirsmittel bedienen. Im Hüttenwesen dient gewöhnlich das Brennmaterial, die Kohle, zwischen denen man die Erze schmelzt, selbst zum Reducirsmittel. Um übrigens bey strengflüssigen Kalten ihren Fluß und die bessere Scheidung des reducirten Metalles von der Schlacke zu befördern, oder diese dünnflüssiger zu machen, brauche man noch Zusätze, die als Flüsse (§. 574.) dienen.

§. 1081. Ob man gleich die edeln Metalle nicht durch Feuer und Luft verkalken kann (§. 1076.), so kann es doch auf andern Wegen geschehen, wie die Folge lehren wird. Ihre Kalte unterscheiden sich aber von denen der unedeln Metalle darin, daß sie zu ihrer Wiederherstellung keines Zusatzes einer verbrennlichen Substanz bedürfen, sondern beym Schmelzfeuer in der Glühheize für sich wieder zu regulinischen Metallen werden. Und hierin ist ihnen auch der Kalt des Quecksilbers ähnlich.

§. 1082. Alle Umstände bey dem Verkalken der Metalle durch Feuer und Luft lehren, daß dieser Prozeß ein wirkliches Verbrennen ist, und daß die regulinischen Metalle verbrennliche Substanzen sind. Auch finden dabey durchaus eben dieselbigen Phänomene Statt, als bey dem Verbrennen anderer Substanzen (§. 828.). Denn 1) bey dem Ausschusse des Sauerstoffgas ist keine Verkalkung der Metalle durchs Feuer allein zu bewerkstelligen. In genau verschlossenen Gefä-

Gefäßen, oder unter einer Decke von Sand, Schlacken, Kohlenstaub u. dergl. geschmolzen; bleibt das regulinische Metall regulinisch. Auch geschieht die Oxydation des Metalles nur an der Oberfläche desselben, wo die Luft Zutritt hat. 2) Wenn Verfallten der Metalle durch die Hitze wird das Sauerstoffgas verzehrt, und in einer bestimmten Menge desselben kann nur eine gewisse Menge des Metalles verfallen werden. 3) Der Ueberschuß des Gewichtes des Metallkalles, über das des dazu angewandten regulinischen Metalles correspondirt dem Gewichte des dabei verschwindenden Antheils des Sauerstoffgas.

Beims folgern. Handb. der Chemie. Th. III. S. 2178. ff. Lavoisier: traité élément. T. I. S. 95.

§. 1083. Die Theorie des Verfallens der Metalle kommt also ganz mit der Theorie des Verbrennens überhaupt (§. 844.) überein. Die unedeln Metalle sind nämlich verbrennliche, oder solche brennstoffhaltige Substanzen, die bey einem gewissen Grade der Temperatur das Vermögen besitzen, den Sauerstoff stärker anzuziehen, als er vom Wärmestoffe im Sauerstoffgas angezogen wird. Wenn sie also bey dem Fortritte der atmosphärischen Luft im Schmelzen den dazu nöthigen Grad der Hitze erreicht haben, so zerlegen sie das Sauerstoffgas dadurch, daß sie sich mit dem Sauerstoffe desselben verbinden, während ihr Brennstoff mit dem Wärmestoffe ausstritt. Die Metalle werden durch die Verbindung mit dem Sauerstoffe nothwendiger Weise in ihrer Natur und in ihren Eigenschaften geändert; sie werden Metallkalle, und durch

durch Schmelzen derselben metallische Gläser. Die Gewichts Zunahme und die Uebereinstimmung dieser mit dem Gewichte des verschwundenen Sauerstoffgas erklärt sich nun leicht; so wie der Umstand, warum beim Ausschlusse aller Luft die Verfallung der Metalle durchs Feuer nicht Statt hat, und warum in einer bestimmten Menge von Luft nur eine gewisse Quantität des Metalles sich verfallen kann.

§. 1084. Einige Metalle werden bey ihrer Verfallung, wenn sie vollkommen ist, auch zu wirklichen Säuren, wie das Arsenik und das Molybdän; andere hingegen zeigen noch keine saure Beschaffenheit, es sey nun, daß ihre Grundlage dazu nicht fähig ist, oder daß sie nicht so viel Sauerstoff aufnehmen können, als zu ihrer Säurebildung erforderlich wäre. Man hat deshalb die Metallkalke in der neuern Nomenclatur Oxiden (*Oxides*) genannt. Die Verfallung selbst ist eine Oxidation (*Oxidation*).

§. 1085. Die Wiederherstellung der Metalle aus ihren Kalken und Gläsern ist demnach eine Destoxidation (*Destoxidation*), oder eine Scheidung des Sauerstoffes von dem damit verbundenen Metalle und zugleich eine Wiedererstattung seines verlorenen Brennstoffes. Dies kann bey den unedeln Metallen nicht durchs bloße Feuer geschehen, wenigstens nicht auf eine vollständige Weise, sondern es ist nöthig, daß noch eine verhältnißliche Substanz zugesetzt werde, die in der gehörigen Temperatur nöther mit dem Sauerstoffe verwandt ist, als das Metall. Dies ist bey
Kohlen

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 681

Kohlenstoff, der in der Temperatur des Glühens dem Sauerstoff stärker anzieht, als er vom Metalle angezogen wird, damit als kohlen-saures Gas entweicht, dem Metalle aber seinen Brennstoff überläßt, und so durch beides das Metall wieder regulinisch macht, wenn er in hinreichender Menge zugegen ist.

§. 1086. Um dies zu bestätigen, reibe man 1 Unze Bleiglatte mit 2 Quentchen Kohlenstaub genau zusammen, schütte das Gemenge in eine kleine irdene Retorte, setze diese mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung, und erhitze sie stufenweise bis zum Glühen. Anfangs tritt die atmosphärische Luft aus, aber nachher folgt kohlen-saures Gas. Nach Endigung der Operation findet man den Bleikalk in der Retorte zum regulinischen Blei hergestellt.

§. 1087. Man nehme ferner 1 Unze rothen Quecksilberkalk, reibe ihn mit 1 Quentchen Kohlenstaub innig zusammen, und verfähre wie vorher (§. 1086.). Man wird hierbey ähnliche Producte erhalten, nämlich kohlen-saures Gas und laufendes Quecksilber, das, weil es in der Hitze flüchtig ist, überdestillirt und sich in der Mittelflasche sammelt. — Hr. Lavoisier fand hierbey, daß 1 Unze (franz.) rother Quecksilberkalk 7 Quentchen 34,3 Gr. laufendes Quecksilber gab; daß dabey 75,5 Cubitzoll (paris.) kohlen-saures Gas entwickelt wurden, deren Gewicht 52,45 Gr. beträgt; und daß von der angewandten Kohle 14,75 Gr. verzehrt worden waren. Diese 14,75 Gr. Kohle hatten also 37,7 Gr. Sauerstoff aus dem Quecksilber in sich genommen, wäh-
rend

sind so tiefen zum regulinischen Quecksilber reducirt hatten.

Lavoisier's oben (§. 953.) angef. Abhandl.

§. 1088. Die edeln Metalle besitzen eine zu geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff, als daß sie ihn dem Sauerstoffgas entziehen könnten. Dies ist der Grund ihrer Unverfälschbarkeit im Feuer; aber auch der Grund von der Wiederherstellung ihrer, durch andere Mittel erzeugten, Kalke, vermittelst des glühenden Flusses für sich, ohne Reducirmittel (§. 1081.). Im letztern Falle ist ihnen der Kalk des Quecksilbers ähnlich, das zwar bei einem Grade der Hitze vor dem Glühen durch das Sauerstoffgas verkalzt werden kann, aber durch die Glühhitze seinen Sauerstoff wieder entläßt. So wird das Quecksilber ein sehr gutes Mittel, die atmosphärische Luft zu zerlegen und ihre Zusammensetzung zu zeigen. Man nehme eine Unze rothen Quecksilberkalk, schütte ihn in eine kleine gläserne Retorte, die durch eine Mittelflasche mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist. Man erhitze die Retorte vorsichtig bis zum Glühen. Anfänglich tritt die atmosphärische Luft der Geräthschaft aus, nachher aber geht reines Sauerstoffgas über, wobei sich das Quecksilber reducirt und in die Mittelflasche überdestillirt. Das Gewicht alles erhaltenen Quecksilbers beträgt etwa 32 Gran (nürnb.) weniger, als der dazu angewandte Quecksilberkalk.

§. 1089. Bei der Wiederherstellung der Kalke der edeln Metalle und des Quecksilbers verbindet sich
also

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 683

also in der dazu erforderlichen Mäheße die Basis des Lichts oder der Brennstoff des Feuers wieder mit dem Metalle, und der Wärmestoff wieder mit dem Sauerstoffe, und dieser tritt als Sauerstoffgas ab; und das Metall kommt dadurch wieder in den regulinischen Zustand.

§. 1090. Die Metalle besitzen nach ihrer specifischen Natur nicht gleich starke Verwandtschaft zum Sauerstoffe. Auch ist die Quantität Sauerstoff, den gleiche Quantitäten specifisch verschiedener Metalle bis zu ihrer Sättigung aufnehmen, nicht gleich groß.

§. 1091. Nicht nur die Kalte der verschiedenen Metalle unterscheiden sich von einander durch einen verschiedenen Gehalt von Sauerstoff; sondern es ist auch ein und dasselbe Metall eines verschiedenen Grades der Oridirung fähig, und seine, solcher Gestalt mit verschiedener Quantität von Sauerstoff verbunden, Kalte unterscheiden sich in ihren Eigenschaften, ihrer Farbe, und ihrem Verhalten gegen andere Körper. So verwandelt sich z. B. das Blei beim stärkern oder schwächern Verkalten, nach Maassgabe der Hitze, in einen grauen, oder gelben, oder röthlichen Kalt; das Quecksilber durch Schmelzen in den gewöhnlichen Temperatur der Luft in einen schwarzen, durch stärkere Hitze in einen rothen Kalt.

§. 1092. Einen Metallkalt, der so viel Sauerstoff aufgenommen hat, daß er die Grenze der Sättigung damit erreicht hat oder ihr nahe ist, nenne ich
voll

vollkommenen Metallkalk, im Gegensatz von einem **unvollkommenen** (*Oxide metallique du premier degre d'oxidation*), der noch nicht mit Sauerstoff gesättigt oder noch einer stärkeren Oxidation fähig ist, und also auch noch Brennstoff enthält.

§. 1093. Die vollkommenen Kalle einiger unedeln Metalle entlassen in der Glühhitze für sich einen Antheil ihres Sauerstoffes und verwandeln sich so in unvollkommenere Kalle, wie z. B. die rothe Mennige, der schwarze Kalk des Magnesiums, der rothe Eisenkalk, die Arsenikssäure. Hierauf gründet sich die Anwendbarkeit des Braünsteines zur Gewinnung des Sauerstoffgas (§. 832.).

§. 1094. Die unedeln Metalle entziehen nicht nur dem Sauerstoffgas in der Hitze und beim Schmelzen den Sauerstoff, sondern auch verschiedenen andern Materien, womit er verreinigt ist, so daß es also außer der Verkalkung der Metalle durch Feuer und Luft noch mehrere Mittel giebt, Metallkalle hervorzubringen.

§. 1095. Ein sehr wirksames Mittel hierzu ist der Salpeter, mit welchem alle Metalle, deren Kalle durch bloßes Glühen nicht wiederhergestellt werden (§. 1081.), in der Glühhitze unter den schon bekannten Erscheinungen (§. 1022. ff.) verpuffen und in vollkommene Kalle verwandelt werden, die mit dem Gewächssalkali des Salpeters zurückbleiben.

§. 1096. Diesenigen Metalle, deren Anziehung zum Sauerstoffe sehr stark ist, wie z. B. Eisen, Magnesium

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 685

nefium und Zink, entziehen ihn auch in der Glüh-
hitze dem Wasserstoffe, und zersetzen solcher Gestalt
das Wasser, wovon schon oben (§. 914. ff.) ein Bei-
spiel vorgekommen ist. Sie werden dabei aber nur
in unvollkommene Kalk verwandelt. Auch schon in
der gewöhnlichen Temperatur, aber freilich nur sehr
langsam, können die erwähnten Metalle das Wasser
zersetzen und sich durch Aufnahme seines Sauerstoffes
in unvollkommene Kalk verwandeln.

§. 1097. Metalle, deren Verwandtschaft zum
Sauerstoffe nicht sehr stark ist, lassen sich aus ihren
Kalken durch Wasserstoffgas auch wiederherstellen,
wenn man sie darin unter einem Glaszylinder durch
Hülfe eines Brennglases hinlänglich bis zum Schmel-
zen erhitzt, wobei sich aus dem Sauerstoffe des Me-
tallkalkes und dem Wasserstoffe wieder Wasser erzeugt,
und folglich das Wasserstoffgas zersetzt wird. Der
Versuch läßt sich mit Bleykalken und noch leichter mit
Quecksilberkalk anstellen. Metalle, die den Sauer-
stoff sehr stark anziehen, werden auf diese Weise zwar
aus vollkommnern Kalken zu unvollkommnern ge-
bracht, aber doch nicht völlig hergestellt, z. B. Eisen.

Priestley, in Crelles Chem. Annal. J. 1786. B. I. S. 23.

§. 1098. Alle unedle Metalle verlieren mit der
Zeit an der bloßen Luft, und zwar einige früher,
andere später, ihren metallischen Glanz, werden un-
scheinbar oder laufen an, und einige davon werden in
Rost verwandelt. Dieses Rosten ist ein wahres Ver-
kalken der Metalle, woran aber die Feuchtigkeit der
Atmo-

Atmosphäre so viel Antheil haben möchte, als das Sauerstoffgas derselben. Dieser Kalk ist oft ein vollkommener Metallkalk, und gewöhnlich auch mit Kohlensäure aus der Atmosphäre verbunden.

§. 1099. Die Metalle sind in den Säuren auflösbar; doch greift nicht jede Säure jedes regulinische Metall an. Die Auflösung aller regulinischen Metalle in Säuren geschieht mit Entwicklung von Gas; nur die einzige Salzsäure macht eine Ausnahme. Die Gasarten, die sich dabey erzeugen, sind: mit concentrirter Schwefelsäure schwefligsaures Gas (§. 975.), mit Salpetersäure Salpetergas (§. 1009.), mit verdünnter Schwefelsäure und mit salziger Säure Wasserstoffgas (§. 924.).

§. 1100. Schon die Theorie dieser Gasarten ergibt, daß die regulinischen Metalle bey ihrer Auflösung in Säuren Sauerstoff aufnehmen und Brennstoff entlassen, oder sich verkalken, und daß sie in ihren sauren Auflösungsmitteln nicht als regulinische Metalle, sondern als Metallkalke enthalten sind. Da auch die edeln Metalle von Säuren aufgelöst werden können, so folgt, daß auch sie dabey verkalkt werden; und dies ist auch das Mittel, die edeln Metalle in den kalkförmigen Zustand zu versetzen.

§. 1101. Die metallischen Auflösungen in Säuren können die Metalle entweder als unvollkommenen oder als vollkommenen Kalk enthalten; nach Messung der dabey angewandten Hitze oder der Zerlegbarkeit

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 587

bartet der Säuren. Ein und dasselbe Metall kann also mit einer und derselben Säure verschiedentlich geartete Verbindungen geben. Diese Verbindungen der verkalkten Metalle mit den Säuren machen eine wichtige Classe von Salzen, die metallischen Salze (*Salia metallica*), aus, die sich unter einander so wohl nach der Natur der metallischen Basis, als der Säure, die sie enthalten, mannigfaltig von einander unterscheiden.

§. 1102. Die feuerbeständigen Alkalien schlagen das in Säure aufgelöste Metall, wegen der nähern Verwandtschaft der Säuren zu ihnen, nieder, und der Niederschlag ist kaltschmelzbar.

§. 1103. Die verschiedenen Metalle schlagen sich wechselseitig aus ihren Auflösungen in Säuren nieder. Man hänge z. B. in die Auflösung des Kupfers in Schwefelsäure (des Kupfervitriols) ein polirtes Stahlblech so wird dieses auf seiner Oberfläche bald mit regulinischem Kupfer überzogen werden, und mit der Zeit wird bey hinreichender Menge von Eisen alles Kupfer niederfallen und die Kupferauflösung in genau verschlossenen Gefäßen in Eisenauflösung verwandelt werden. Man bemerkt bey diesen Niederschlägen eines Metalles durch ein anderes keine Spur von Gasentwicklung, wenn die Solutionen keine freye Säure enthalten. Da aber doch das fallende Metall nicht anders aufgelöst werden kann, als daß es verkalkt werde, so folgt, daß es sich auf Kosten des gefällten Metalles verkalkt und dieses eben das durch wiederherstelle.

§. 1104.

§. 1104. Die Niederschlagung eines aufgelösten Metalles aus einer Säure durch ein anderes regulinisches geschieht also durch die Anziehung des fallenden Metalles zum Sauerstoffe, welche stärker ist, als diejenige, welche das aufgelöste Metall dagegen besitzt. Die Ordnung, in welcher sich die Metalle aus den Säuren einander niederschlagen, giebt also die Verwandtschaftsfolge derselben gegen den Sauerstoff, und es läßt sich daraus auch erklären, warum sie bey allen Säuren einerley ist.

Nach mehreren Beobachtungen findet folgende Verwandtschaftsfolge der Metalle zum Sauerstoffe Statt:

Zink.
(Magnesium, Kobalt, Nickel.)
Eisen.
Bley.
Zinn.
Kupfer.
Wismuth.
Spießglanz.
Arsenik.
Quecksilber.
Silber.
Gold.
Platin.

§. 1105. Mehrere Metalle bilden bey ihrer Niederschlagung aus den Säuren durch andere regulinische Metalle krystallinische Gruppen, und geben so Gelegenheit zur Entstehung der so genannten künstlichen Vegetationen und Metallbäumchen (*Vegetationes metallica*).

Hierher gehört insbesondere: 1) der Silberbaum (*Arbor Dianae*). Man nimmt drey Theile gesättigte Auflösung des Silbers in Salpetersäure, zwey Theile gesättigte Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure, und zwanzig Theile destillirte

in destillirtes Wasser, vermischt es mit einander, seihet es klar durch, und gießt es in ein enges cylindrisches Glas mit flachem Boden auf drey Theile vom einem Amalgam, das aus einem Theile Silber und sieben Theilen Quecksilber gemacht und völlig regulinisch ist. Es schlägt sich aus durch die Zeit und Ruhe das Silber regulinisch nieder, amalgamirt sich mit dem überflüssigen Quecksilber, und bildet krystallinische Anklüfte, deren Gruppierung die Decoration ausmacht.

3) Der Bleysbaum (*Arbor Saturni*). Man löset Messing in destillirtem Wasser auf, seihet die Auflösung klar durch, schüttet sie in einen schmalen Glaszylinder, und hängt an einem Faden ein Stüd oder eine Stange Zink hinein. Es schlägt sich das Blei durch die Ruhe krystallinisch nieder und hängt sich an den Zink an.

3) Der Zinnsbaum (*Arbor Iovis*). Man erhält ihn, wie den vorigen, wenn man in die Auflösung des Zinnes in Essigsäure regulinischen Zink hängt.

§. 1106. Der Schwefel verbindet sich im Flusse mit allen Metallen und löst sie auf, ausgenommen Gold, Platin und Zink. Die Gemische, welche daraus entspringen, die Schwefelmetalle (*Metalla sulphurata*, *Sulfures metalliques*), sind verschieden, nicht bloß nach Verschiedenheit der Metalle selbst, sondern auch bey einem und demselbigen Metalle; je nachdem es regulinisch oder als unvollkommener Kalk mit dem Schwefel vereinigt ist. Die Natur liefert uns dergleichen Verbindungen von Schwefel und Metallen häufig, als Erze.

§. 1107. Einige Schwefelmetalle verwittern in feuchter Luft. Durch die Verbindung des Metalles und des Schwefels wird die Anziehung derselben zum Sauerstoffe verhärtet; sie entziehen ihn so wohl der Feuchtigkeit, als dem Sauerstoffgas, und es erzeugt sich nun so schwefelsaures Metall. Beym Verwittern des Schwefelzinks (Schwefelkies) kann auch wohl

Er

Selbst.

Selbstentzündung entstehen (§. 849.). Daß an diesem Verwittern der Schwefelmetalle auch die Feuchtigkeit der Atmosphäre Antheil habe, erhellet aus dem schwefelhaltigen Wasserstoffgas, welches sich bey der Einwirkung von Eisenfeil, Schwefel und Wasser erzeugt.

§. 1108. Merkwürdig ist es, daß, wenn Schwefel und regulinische Metalle zusammengeschmolzen werden, bey der ersten Einwirkung des Schwefels barauf, sich Glähen des entstehenden Gemisches zeigt, obgleich die Schmelzhitze nicht das Glähen erreicht, und obgleich alles Sauerstoffgas hierbey ausgeschlossen ist. Der Versuch läßt sich leicht mit einem Gemenge von einem Theile Schwefel und drey Theilen Kupferfeil in einer Glasröhre über Kohlenfeuer anstellen. Die Erklärung des Phänomens ist schon oben (§. 823.) gegeben worden.

§. 1109. Das Schwefelalkali ist ebenfalls ein kräftiges Auflösungsmittel für die Metalle auf trockenem Wege. Diese Verbindung löst sich auch im Wasser auf. Wenn man zu der Auflösung der mit Schwefelalkali vereinigten Metalle im Wasser eine Säure setzt, so wird das Schwefelalkali natürlicher Weise zerstört, und es fallen der Schwefel und das Metall zusammen nieder. Aber dieser Niederschlag ist keinesweges als reines Schwefelmetall zu betrachten, wie man bisher geglaubt hat, sondern ist eine Verbindung des Metalles mit der Basis des schwefelhaltigen Wasserstoffgas (§. 986.), die man wasserstoff-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 691

stoffhaltiges Schwefelmetall (*Metallum hydrogeno-sulphuratum*) nennen könnte. Herr Berthollet nennt sie *Hydro-sulfures*.

§. 1110. Im schwefelhaltigen Wasserstoffgas laufen die regulinischen Metalle an, nur Gold und Platin ausgenommen, indem sie daraus wasserstoffhaltigen Schwefel anziehen. Vollkommene Metallkalke werden hierbey zu gleicher Zeit mehr in den regulinischen Zustand gebracht.

§. 1111. Der Phosphor geht mit den regulinischen Metallen Vereinigung ein, wie der Schwefel, und macht sie leicht-flüßig.

§. 1112. Mit dem Kohlenstoffe gehen nur wenige Metalle Verbindungen ein. Das Reißbley ist ein Beispiel dieser Zusammensetzung. Von diesen Kohlenstoffhaltigen Metallen (*Metalla carboneata, Carbures metalliques*) kennt man jetzt, außer dem aus Eisen, noch das aus Kupfer nach Herrn van Marums Versuchen. Wir scheint es doch, daß die Metalle, wenn sie mit Kohlenstoff in Vereinigung treten, es als unvollkommene Kalke thun.

§. 1113. Wir betrachten nun noch die Metalle einzeln nach ihren vorzüglichsten Unterscheidungsmerkmalen und Producten. 1) Gold (*Aurum*). Ein edles Metall von einer gelben Farbe. Hat nach dem Platin das größte eigenthümliche Gewicht unter allen bekannten Materien, eine mäßige Härte, geringe

Federkraft und wenig Klang, eine sehr große Zähigkeit und Ductilität, keinen Geruch und keinen Geschmack; ist unwandelbar in der Luft und im Wasser in seinem metallischen Glanze; schmelzt erst in der Weißgluthhitze; fließt mit einer Aquamarinfarbe; ist sehr feuerbeständig, und wird im regulinischen Zustande nur von der Salzsäure, und durch sie vom so genannten Königswasser oder Goldscheidewasser, sonst aber von keiner Säure aufgelöst, die es nur im kaffeeartigen Zustande auflösen können. Der Rast des Goldes färbt das Glas roth.

Zu den merkwürdigsten Producten des Goldes gehören:

1) Die Auflösung des Goldes in Königswasser. Es ist gelblich von Farbe, und macht auf der Haut purpurrothe Flecke.

2) Das Knallgold (*Aurum fulminans*), das aus der Auflösung des Goldes durch Niederschlagung mit Ammoniak und Ausfällen mit Wasser erhalten wird.

3) Der Goldpurpur des Cassius (*Purpura mineralis*), aus der verdünnten Auflösung des Goldes in Königswasser durch Auflösung des Zinnes in Königswasser niedergeschlagen. Er ist Gold- und Zinnfals, und schön purpurroth von Farbe.

§. 1114. 2) Platin, Platina (*Platinum*). Es ist ein edles Metall von einer silberweißen Farbe. Es kommt aus Peru in America in Gestalt kleiner, rundlicher gefleckter Körner zu uns, die fast das Ansehen des Eisenseils haben und sich wegen des anstehenden Eisengehalts vom Magnet ziehen lassen, was das reine Platin nicht thut. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Platins ist größer, als das irgend einer bekannten Materie. Es läßt sich dehnen und hämmern, oder ist streckbar, und übertrifft an Festigkeit das Gold. Seine Härte ist geringer als die vom geschmei-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 53

geschmeidigen Eisen, aber größer, als die vom Kupfer. Es ist sehr streng-flüssig, läßt sich aber im Glühofen schmelzen; hat keinen Geschmack und keinen Geruch, und verliert an der Luft seinen Glanz nicht. Es wird von keiner bekannten Säure aufgelöst, außer von der Salzsäure, und durch dieselbe vom Königswasser. Diese Auflösung färbt die Haut schwarzbraun.

§. 1115. 3) Silber (Argentum). Es ist ein edles Metall von einer weißen Farbe und einem sehr starken Glanze, sehr dehnbar, von einer größern Härte und Federkraft als das Gold, aber von einer geringern, als das Kupfer, und ohne Geruch und Geschmack. Es schmilzt bei einer Hitze, die etwas geringer ist, als die, worin das Gold fließt und die anfangende Weißgluthitze ist. An der Luft ist es keinem Rosten und Beschlagen ausgesetzt, nur durch schweflige Dünste läuft es schwarz, auch wohl bunt, an. Das wirksamste Auf Lösungsmittel für das Silber ist die Salpetersäure; die Auflösung ist ungefärbt und klar, äßend und scharf, und färbt die Haut schwarz.

Wir merken: 1) das salpetersaure Silber, aus dem man durch Schmelzen und Verflüchtigen des Kronglaskohlensäurewassers 2) den Höllenstein (Lapis infernalis lunaris) bereitet; 3) Hornsilber (Luna cornua), oder die Verbindung des Silbers mit salzigster Säure; 4) Knallsilber (Argentum fulminans), oder den Niederschlag des Silbers aus der Salpetersäure durch Kalkwasser, der nach dem Waschen mit Ammoniak am Tageslichte digerirt worden ist.

§. 1116. 4) Quecksilber (Hydrargyrum, Argentum vivum, Mercurius). Es hat den Glanz und

und die Farbe des Silbers, ist in der heu uns gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre stets flüssig, oder geschmolzen, und also das leicht flüssigste aller Metalle. Es wird erst fest bei einer Verminderung der Wärme bis 40 Gr. unter 0 nach Fahrenheit. Im Feuer ist es flüchtig, es kocht bei 600° nach Fahrenheit, und übergeht in Dampf, oder in expansibele Flüssigkeit verwandelt. Durch Schütteln und Reiben unter Zutritt der Luft verwandelt es sich in einen unvollkommen schwarzen; und durch anhaltendes Erhitzen in einen vollkommenen, dunkelrothen Kalk, der scharf und metallisch schmeckt. Diese und alle Kalke des Quecksilbers lassen sich durch die Blüthezüge wieder zu regulinischem Quecksilber herstellen, auch ohne Zusatz von brennlichen Dingen (§. 1081.). Die Salpetersäure löst das Quecksilber leicht auf, und die Auflösung ist ungefärbt und klar, scharf und ätzend von Geschmack; färbt die Haut schwarz und läßt sich krystallisiren.

Wir merken von den Producten des Quecksilbers:

- 1) Den durch Schütteln und Reiben des laufenden Quecksilbers zu gewinnenden schwarzen Kalk, oder den Aethiops per se (*Oxide de mercure noirâtre*); 2) den durchs Feuer zu verfertigenden dunkelrothen vollkommenen Quecksilberkalk, oder den Mercurius praecipitatus per se (*Oxide de mercure rouge par le feu*); mit welchem 3) der durchs Abwachen der Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure und Calciniren des Rückstandes zu erhaltende Quecksilberkalk, oder der Mercurius praecipitatus ruber. (*Oxide de mercure par l'acide nitrique*) überzogen kommt; 4) den Quecksilbervitriol, oder die Verbindung des Quecksilberkalks mit Schwefelsäure, die nach dem Abwaschen mit heissem Wasser 5) das kühnste mineralische Turpeth, Turpethum minerale, (*Oxide de mercure jaune par l'acide sulfurique*) giebt; 6) das salpetersäure Quecksilber; 7) den ätzenden Quecksilberholmat (Mercurius sublimatus corrosivus); 8) den weissen Präcipitat (Mercurius praecipitatus albus), und 9) das verflüchtete Quecksilber (Mer-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 695

(*Mercurius dulcis*). Die alle drey folgenden Quecksilber sind, und sich dadurch unterscheiden, daß in dem ersten das Quecksilberkalk vollkommen verfault, in dem dritten unvollkommen verfault ist, und in dem zweiten sich mehr oder weniger dem ersten oder dritten nähert.

Die Auflösung anderer Metalle im Quecksilber heißt *Amalgama*.

§. 1117. 5) Blei (*Plumbum, Saturnus*).

Seine Farbe ist bläulich-weiß; sein Glanz auf dem frischen Bruche zwar ziemlich stark, es verliert ihn aber bald an der Luft und wird unscheinbar; mit der Zeit kostet es an der Luft und wird mit einem graulich-weißen Beschlage überzogen, der kohlensaurer Bleekalk ist. Die Ductilität des Bleies ist ziemlich groß, aber seine Zähigkeit und Härte sehr geringe. Es hat einen eigenen Geruch, wenn es gerieben oder gebrannt wird. Im Feuer schmilzt es sehr leicht, vor dem Glühen, bey 540 Gr. Fahrh. Beym Glühen wird in starkem Glüh ist es flüchtig und verwandelt sich in einen weißlichen Rauch. Es wird beym Schmelzen leicht verfault und in einen grauen Kalk (*Bleeschä*) verwandelt, der bey stärkester Hitze gelblich wird (*Massicot*), damit ist eine Art von Zusammenstreuung kommt, und eine blas- röthliche Farbe annimmt (*Süberglätte, Bleuglätte*), und zuletzt zu einem wirklichen Glase fließt (*Bleuglas*), das sehr durchsichtig, hariggelb, und ansehnlich dicht ist. Die Auflösung des Bleies im Säuren ist ungefärbt.

Vom Bleie ist zu merken: 1) die *Bleeschä* (*Cinisa Saturni, Calx plumbi grysea*), der unvollkommene Kalk des Bleies, der bey dem der Hitze bildet, die noch nicht das Glühmessen erreicht ist; 2) der *Massicot* (*Cerussa citrina, Oxide de plomb jaune*), ein vollkommener Bleekalk, der bey dem anfangenden Glühen des vorigen Salzes entsteht; 3) die *Bleuglätte* (*Lithargyrum, Oxide de plomb rouge vitreux*), das bey dem vollkommene Kalk, der eine ansehnliche Zusammenstreuung bey dem Glühen

ben erlitten hat; 4) die Mennige (*Minium, Oxido de plomb rouge*), den vollkommenste Bleisalt, der aus dem mit Wasser angefeuchteten Massicot durch Calciniren erhalten wird; 5) das Bleiweiß (*Cerussa alba*), der durch die Dämpfe des Essigs erhaltene kohlensaure Bleisalt; 6) das Bleiglas (*Vitrum Saturni*), das durch völlige Schmelzen aller vorhergenannten Bleisalze entsteht und die Grundlage der Glasur auf dem gemeinen Töpferzeug ausmacht; 7) der Bleessig (*Acetum lychnopyri, Acetum de plomb*), die Auflösung des Bleisalzes in Essigsäure, die durch Abdampfen zu 8) dem Bleigedäch (*Saccharum Saturni*), einem süß schmeckenden Salze anschießt, dessen süßer Geschmack eben zu der gottlosen Veräusserung des Weins mit Bleiglätte Anlaß gegeben hat.

§. 1118. 6) Kupfer (*Caprum, Venus*). Es hat eine röthliche Farbe, ist sehr ductil und geschmeidig, von einer großen Zähigkeit, einer beträchtlichen Härte und ziemlichen Federkraft; es ist daher sehr klingend. Beim Reiben und Erhitzen zeigt es einen merkwürdigen und widrigen Geruch. Zum Schmelzen erfordert es eine starke und Weißglühhitze, die man auf 1450° Reaumur schätzt. Beim allmählichen Erhitzen unter dem Zutritte der Luft läuft es mit bunten Regenbogenfarben an, und wird endlich mit einem schuppichten Raste, dem Glühspaan, überzogen. In der Glühhitze brennt das Kupfer, wenn die Luft Zugang haben kann, mit einer schönen grünen und blauen Flamme, und einem Rauch, der einen grün-grauen Rast absetzt. In der Luft verliert das Kupfer bald seinen regulinischen Glanz, und wird, wenn diese feucht ist, auf der Oberfläche mit einem grünen Rost überzogen, der ein kohlensaurer Kupferkalk ist. Fast alle Säuren greifen das regulinische Kupfer geradezu an, und geben damit blaue oder grüne Auflösungen.

Zu den merkwürdigsten Producten des Kupfers gehören:

1) Der Kupfervitriol (*Vitriolum de cypro*) oder das schwefelsaure Kupfer in blauen Krystallen; 2) das salzig-saure

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 597

saure Kupfer, das bey der Verdünnung mit Wasser eine schmerzliche Lunte giebt, wovon die Schiffsjäger bey dem Aufsteigen sichtbar werden, und durch Exspiriren wieder gelb zum Vortheine kommen; 3) das Spangrün, der Grünspan (*Viride aëria*), ein kohlensaures, mit etwas Essigsäure verbundener Kupferkalk, durch Hülfe des Essigsäure gebildet; 4) der krySTALLIRTE Grünspan (*Viride aeris crystallisatum*), oder das krySTALLIRTE essigsäure Kupfer; 5) die schön lasurblaue Auflösung des Kupfers in Ammoniak (*Cuprum ammoniacale*); 6) das braunschwarze Grün, ein durch die salzigte Säure des Salmsalts gebildetes Kupferkalk.

§. 1219. 7) **Eisen** (*Ferrum, Mars*). Keitt einziges Metall ist einer solchen Abweichung seiner Eigenschaften fähig, als das Eisen, vergefall, daß man mit Recht eigene Arten desselben zu unterscheiden genöthigt wird. Dahin gehören geschmeidiges Eisen, Roheisen oder Gußeisen, und Stahl. 1) **Geschmeidiges Eisen** (*Ferrum molle, caulum, caute*). Es hat eine graulich-weiße Farbe; einen leichteren, glänzenden, fasericht: häufigen Bruch; seine Härte ist nicht viel größer, als die vom Kupfer; es läßt sich kalt und warm strecken und schmieden, und hat eine große Zähigkeit, eine beträchtliche Dehnbarkeit, eine mäßige Federkraft; es ist höchst schwer: flüßig, und für sich allein unschmelzbar, außer bey dem Zutritte der Luft oder zwischen Kohlen, wo es in der anhaltenden Weißgluth heftig schmilzt, doch mit Veränderung seiner Eigenschaften. Schon in geringerer Hitze wird das Eisen beim Zutritte der Luft verholzt. Es löset erst mit bunten Regenbogenfarben auf der Oberfläche an, verwandelt sich dann in Glühspan oder Hammerschlag, was der unvollkommene Kalk des Eisens ist, und diefer wird zuletzt beim anhaltenden Glühen unter dem Zutritte der Luft zu einem röthlich-braunen vollkomme-

nen

nen Kasse, der auch ohne zu schmelzen durch Escamiren mit brennlichen Dingen wieder zum unvollkommenen Kasse herzustellen ist; auch an der Luft verwandelt es sich leicht in Rost: endlich gehört es noch zu den charakteristischen Merkmalen des geschmeidigen Eisens, daß es sich schweißen läßt. b) **Gusseisen, Roheisen** (*Ferrum crudum*). Es läßt sich weder kalt noch warm schmieden oder strecken; wohl aber bey einer anhaltenden Weißgluth, die man auf 1600 Grad Fahrh. schätzt, für sich allein schmelzen; seine Farbe ist mehr oder weniger Rothgrau, sein Bruch nicht so leicht, sondern mehr oder weniger feinkörnig; seine Härte und Sprödigkeit ansehnlich groß; es hat daher auch einen weit stärkeren Klang, als geschmeidiges Eisen; es rostet nicht so leicht, als dieses, und setzt nicht so leicht Glühspan ab. Durch öfteres Glühen und Schmieden wird es in erstetes verwandelt. c) **Stahl** (*Chalybs*). Es ist Eisen, das, wenn es rothwarm glühet, nach dem plötzlichen Ablöschen im kalten Wasser, härter, spröder und unbiegsamer wird, vor dem Härten aber kalt und warm geschmeidig ist, und auch nach dem Härten durch neues Glühen seine Geschmeidigkeit wieder erlangt. Er hat einen weißen lichtgrauen Glanz, einen feinkörnigen Bruch; und ist einer ungemein großen Härte, aber auch auf der andern Seite wieder der Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit des geschmeidigen Eisens fähig. Er ist für sich allein schmelzbar, rostet später als geschmeidiges Eisen, früher als Roheisen, und setzt später Glühspan ab, als ersteres; er läuft mit lebhaftern Farben des

Regens

weere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 699

erbogens beim Erwärmen an, als das geschmei-

Eisen. Der Unterschied dieser beey Eisenforten
rt daher, daß das Roheisen noch nicht den voll-
men regulinischen Zustand hat, sondern noch in
em geringen Grade der Oxidation ist, aber dies
r noch Kohlenstoff, oft bis zur Sättigung, auf-
öst enthält, daß der Stahl zwar völlig regulinisch
, aber auch Kohlenstoff aufgelöst enthält; das ge-
meine Roheisen aber vollkommen regulinisch ist und
nen Kohlenstoff aufgelöst hat. Allen drey Ei-
sorten ist es eigenthümlich, nicht nur vom Magnete
zogen zu werden, d. h. attractorisch zu seyn, son-
ern auch selbst zum Magneten, d. h. attractorisch zu
werden. Das Eisen ist in allen Säuren auflös-
ch. Den vollkommenen Eisensalt lösen die Säuren
n geringerer Menge auf; daher trüben sich mehrere
Eisensolutionen an der Luft, lassen Eisenoxyd fallen,
und verändern ihre grüne Farbe in eine gelbe oder
braune.

Es ist vom Eisen zu merken: 1) der Eisenmoor (Aëthiops mar-
tialis, Oxide de fer noir), oder der unvollkommene Salt
des Eisens, wohin auch der Hammerschlag oder Glüh-
span gehört; 2) der vollkommene Eisensalt (Crocus mar-
tis, Oxide de fer jaune), wie z. B. der ausgeglühete
Eisenoxyd; 3) der grüne Eisenvitriol oder das schwefelsaure
Eisen (Vitriolum martis); 4) das Berlinerblau (Caeru-
leum berolinense), oder das blausaure Eisen.

§. 1120. 3) Zinn (Stannum, Jovis). Es
hat eine glänzende weiße Farbe, die etwas bläulicher
ist, als die vom Silber; es ist sehr weich, ziemlich
dehnbar, wenig zähe, und von einer sehr geringen
Festkraft. Es hat daher auch wenig Klang. Es
macht, wenn man es biegt oder zwischen den Zähnen
drückt,

drückt, ein besonderes Geruch; und hat, wenn es gerieben oder erhitzt wird, einen eigenthümlichen, etwas widrigen Geruch. Es schmilzt vor dem Glühen, bey 420 St. Fahrh., und verwandelt sich dann beym Eingange der Luft in ein graues Pulver, das unvollkommener Zinnfalk ist, der bey anhaltendem Glühen endlich weißlich wird. Dieser vollkommene Zinnfalk ist höchst strengflüssig, und giebt auch mit vergiftungsfähigen Substanzen kein durchsichtiges, sondern ein mattweißes opakes Glas; und macht die Basis des weißen Emails aus. Wenn das fließende Zinn unter dem Zutritte der Luft bis zum Glühen schnell erhitzt wird, so brennt es endlich mit einer kleinen hellweißen Flamme, und giebt einen weißen Dampf. An der Luft verliert das Zinn seinen metallischen Glanz erst spät, und wird auch nicht mit einem eigentlichen Roste überzogen. Alle Säuren greifen das Zinn an; die Auflösungen sind, wenigstens bey einiger Verdünnung, ungefärbt.

Wir merken: 1) die Zinnasche (*Cinix stanni, Oxide d'zinc*) über den vollkommenen Zinnfalk. 2) Libavi rauchendes Spiritus und die Zinnbutter (*Liquor stannicus Libavii; Butyrum stanni*), eigentlich die concentrirte Verbindung der salzigsten Säure mit dem vollkommenen Zinnfalle. 3) Die Composition der Lärber, oder die Auflösung des Zinns in Königswasser.

§. 1121. 9) **Zinn** (*Zincum*). Ein weißes Metall, das zwischen dem Spröden und Dehnbaren das Mittel hält, oder halbgeschmelzbar ist; und auf dem Brenne eine krystallinische Färbung nicht undeutlich zeigt. Es schmilzt kurz vor dem Glühen, und brennt endlich beym Glühen unter dem Zutritte der Luft mit einer

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 707

einer außerordentlich hellen und blendenden Flamme; aus der sich ein sehr lockerer und ungemein weißer Kalk erhebt, der im Feuer sehr beständig ist. In der Luft leidet das Zink nur wenig Veränderung; es verliert seinen metallischen Glanz nur langsam, ohne eigentlich zu rosten. Beim Ausschlusse der Luft ist es in der Glühhitze flüchtig und läßt sich unverändert aufstreifen. Es löst sich in allen Säuren auf und giebt damit ungefärbte Auflösungen.

Von seinen Producten nehme ich nur 1) die Zinkblumen (*Flores zinci*), oder den vollkommenen Kalk des Zinks, und 2) den weißen Zinkvitriol (*Vitriolum zinei*) oder das schwefelsaure Zink.

§. 1122. 10) Wismuth (*Bismuthum*). Ein erdlich: weißes sehr sprödes Metall, das ein blätterichtes Gefüge hat, ziemlich hart ist, noch vor dem Glühen bei 460 Gr. Fahrh. schmilzt, beim Glühen unter dem Zutritte der Luft dampft und brennt, und sich beim Ausschlusse der Luft in der Hitze unzerseht in die Höhe treiben läßt. Beim Schmelzen vor dem Glühen verwandelt es sich unter dem Zutritte der Luft leicht in einen gelb-bräunlichen Kalk, der beim Schmelzen in ein gelbes durchsichtiges Glas übergeht. Das wirksamste Auflösungsmittel für dasselbe ist die Salpetersäure. Die Auflösungen desselben sind ungefärbt, und die Niederschläge darays weiß.

Ich merke bloß den Wismuthkalk, das Schmirweiß (*Calx bismuthi*, *Calda de bismuth. blanca*), oder den Niederschlag desselben aus der Auflösung in Salpetersäure durch bloßes Wasser.

§. 1123. 11) Nickel (*Niccolum*). Es hat eine lichtgrau: weiße Farbe; ist etwas streckbar und sehr

sehr feß; ist sehr streng; flüßig und schmilzt erst bey einer Hitze, woben Eisen fließt; es ist sehr feuerbeftändig, und verwandelt sich schwer in einen schönen hellgrünen Kalk, der mit dem Borsze zu einem hyacinthfarbenen Glase schmilzt. Die Auflösungen des Nickelmetalls in Säuren sehen grün aus, wie die des Kupfers, und das Ammoniak liefert mit dem Nickelkalk auch eine blaue Auflösung.

§. 1124. 12) Arsenik, Arsenikmetall (*Arsenicum*). Ein sehr sprödes Metall, von einer weißen Farbe auf dem frischen Bruche, und von einer beträchtlichen Härte. An der Luft verliert es sehr bald seinen metallischen Glanz und wird unscheinbar und schwarz. Im Feuer ist es flüchtig und läßt sich beym Ausschlusse der Luft unverändert in die Höhe treiben. Unter dem Zutritte der Luft verkalkt es sich leicht und entzündet sich mit einer weißlich-bläulichen Flamme, die einen sehr weißen dicken Rauch von einem eigenen knoblauchartigen Geruche verbreitet, der sich als ein weißlicher Kalk anseht und selbst noch flüchtig ist (weißer Arsenik). Schon dieser unvollkommene Arsenikkalk zeigt eine salzigte säuerliche Natur und wird zu einer völligen Säure, der Arseniksäure (*Acidum arsenicum*), wenn er durch Hülfe der Salpetersäure ganz mit Sauerstoff gesättigt worden ist. Die Verbindungen des Arsenikmetalles mit Säuren sind ungefärbt.

Von den Producten des Arseniks sind hier anzuführen: 1) Weißer Arsenik (*Arsenicum album*, *Oxide d'arsenic blanc*), der unvollkommene, oder noch phlogisirte Kalk des Arsenikmetalles, der durch eine Sublimation gewonnen wird;

a)

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 703

2) **Arseniksaure** (*Acidum arsenicicum*, *Acide arsenique*), der vollkommene Kalk des Arsenikmetalles.

6. 1125. 13) **Kobalt** (*Cobaltum*). Seine Farbe ist grau-weiß; es ist spröde und zerfällt unter dem Hammer; doch zeigt es im Zustande der größten Reinigkeit Ductilität. Es ist sehr streng-flüssig, und braucht zum Schmelzen eine Hitze, wobei Kupfer fließt; nach dem langsamen Erkalten zeigt es auf seiner Oberfläche eine neßförmige Bildung. Es ist feuerbeständig. Es verliert seinen regulinischen Zustand schon vor dem Schmelzen durch anhaltendes Glühen und Rösten, wie das Eisen, beim Zugange der Luft. Der Kalk des Kobaltmetalles ist schwärzlich; kengemischter Arsenik macht ihn röthlich oder braun. Dieser Kalk ist für sich sehr schwer zu schmelzen, durch das Schmelzen aber geht er in ein Glas über, das so dunkelblau ist, daß man es schwärz nennen könnte; mit anderm Glase verdünnt, wird es aber schön-blau. Die Auflösungen des Kobalts in Säuren sehen röthlich aus. Das Kobaltmetall zeigt Magnetismus.

Ich nenne von den Producten dieses Metalles: 1) die Zaffer oder den Saffor, der geröstete Kobaltkalk, der mit hart gepulvertem Sande oder Kiesel vermengt ist; 2) die Smalte oder blaue Stärke, das durch Kobaltkalk blau tingirte und fein gemahlene Glas; 3) der Kobaltvitriol (*Vitriolum cobalti*) oder das Schwefelsaure Kobalt in schönen rothen Krystallen; 4) Lellots sympathetische Tinte, die man so verfertigt, daß man einen Theil Kobaltmetall, oder auch den gerösteten Kalk davon in drey Theilen Schwefelwasser durch Digestion auflöst, die Auflösung mit 24 Theilen Wasser verdünnt, durchsiebet, einen Theil Kochsalz zusetzt, und nach dem Aufsieben wieder durchsiebet. Die Schriftzüge damit verschwinden in der mäßigen Temperatur und in der Kälte auf dem Papiere; kommen aber beym Erwärmen des Papiers schön-grün wieder zum Vorscheine, verschwinden wieder beym Erkalten, und-so fort. Das Wesentliche der Tinte ist salzigsaures Kobalt. 5) Lissmanns

man in blauer sympathetische Tinte. Man stellt einen Theil reinen Kobaltkalk in 16 Theilen desfiltrirten Weinsäures in einem Glascolben im Sandbade, bis etwa vier Theile Essig übrig bleiben; seihet die Auflösung durch, die rosenroth aussehen muß; dann läßt man sie noch um die Hälfte verdampfen, setzt den vierten Theil des angewandten Kobalts an Kochsalz zu, und läßt es zusammen in der Wärme aufkochen. Die damit gemachten Schriftzüge verschwinden in der Kälte, kommen aber in der Wärme schon: blau zum Vorschein, und verschwinden wieder in der Kälte.

§. 1126. 14) Spießglanz (Stribium, Regulus antimonii). Es hat eine weiße Farbe, ist mäßig hart, und so spröde, daß es sich leicht pulvern läßt. Es hat ein grobstrahllichtes Gefüge, und nimmt nach dem Schmelzen und ruhigen Erkalten auf der Oberfläche eine sternförmige Bildung an. An der Luft verliert es nur wenig von seinem Glanze und rostet nicht eigentlich. Es besitzt weder Geruch noch Geschmack. Es schmilzt bey dem Glühen in einer Hitze, die man auf 810 Gr. Fahrenheit. schätzt. In den Weisglühheize läßt es sich in verschlossenen Gefäßen in die Höhe treiben; beym Zutritte der Luft hingegen verwandelt es sich in einen weißen Rauch, der sich in Gestalt weißer glänzender Nadeln anlegt, die einen unvollkommenen Kalk des Spießglanzmetailles vorstellen und daher auch noch flüchtig sind. Der vollkommene Kalk, der auch weiß aussieht, ist feuerbeständig, und höchst streng: flüchtig. Die Auflösungen des Spießglanzmetailles in Säuren sind ungefärbt.

Von den zahlreichen Zubereitungen des Spießglanzmetailles merke ich nur: 1) das Glas vom Spießglanze (Vitrum antimonii), den geschmolzenen und mit etwas Schwefel verbundenen unvollkommenen Spießganzkalk; 2) das schweißtreibende Spießganz (Antimonium diaphoreticum), oder den vollkommenen Kalk des Spießglanzmetailles; 3) die Spießganzbutter (Butyrum antimonii), oder die concentrirte Verbindung des Spießganzkalkes mit salzigter Säure; 4) den Borschwefelstein (Tartarus eme-

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 705

omelious), die Verbindung des Bleis mit unvollkommenem Sauerstoff.

§. 1127. 15.) Magnesium, Braunksteinmetall (Magnesium). Es ist weiß von Farbe, hart und spröde, von einem körnigen Bruche, sehr streng: flüßig und schmilzt später, als Roheisen. Auch ohne zu schmelzen wird es im Feuer leicht verflucht und in ein schwarzes Pulver verwandelt; dies geschieht auch in der Luft. Dieser Kalk ist äußerst feuerbeständig. Die Auflösungen des reinen Magnesiums in Säuren sind farbenlos.

Ich zeige von dem Magnesium an: 1) den rohen Braunkstein (Magnesia nigra), der der natürliche und vollkommene Kalk des Braunksteinmetalles ist, und eine beträchtliche Menge Sauerstoff enthält, den er zum Theil beim Glühen als Kohlendunst fahren läßt; weswegen man ihn auch zur Bereitung der letztern vorzüglich anwendet. 2) Das mineralische Chamäleon. Man nimmt dazu drei Theile Salpeter und einen Theil Braunkstein, reibt beide sehr fein zusammen, und erhält das Gemenge in einem Ziegel so lange glühend, bis die Masse nicht mehr schmilzt, sondern ein trockenes erdichtes Aussehen erhält; worauf man sie in einem gut verkorkten Glase aufbewahren muß. Wenn man etwas von dem Pulver in ein Glas mit Brunnenwasser wirft, so wird das Wasser grün, dann violett, hierauf röthlich, und zuletzt entfärbt es sich ganz, und der Braunkstein fällt in seiner natürlichen Farbe zu Boden.

§. 1128. 16.) Molybdänmetall (Molybdaenum). Es ist in dem Wasserbleye (Molybdaena) mit etwas Schwefel vereinigt. Sein Kalk zeigt eine saure Natur und bildet eine eigenthümliche Säure, die Molybdänsäure (Acidum molybdaenicum, Acidum molybdique).

Von den Producten aus Molybdänmetall erwähne ich bloß des blauen Carmins. (J. B. Richter über die neuern Gegenstände der Chemie. St. II. Bresl. und Pirschberg 1792. S. 97.)

§. 1129. 17) **Wolframmetall** (Wolfranium) ist die metallische Substanz, die einen Bestandtheil des Lungsteins oder Schwersteins und des Wolframs ausmacht. Der vollkommene Kalk dieses Metalles ist gelb von Farbe, und hat Eigenschaften einer Säure, die als eine eigenthümliche Säure oben (§. 864.) unter dem Namen der Wolframsäure erwähnt worden. Die Reduction des reinen Kalles zu einem massiven Regulus ist bis jetzt noch zweifelhaft, obgleich andere Eigenschaften desselben seine metallische Natur außer Zweifel setzen.

§. 1130. 18) **Uranium**. Dieses Metall ist erst von Hrn. Klaproth entdeckt worden, und sein Kalk macht einen Bestandtheil in der so genannten Pechblende und dem grünen Glimmer. Dieser Kalk hat eine gelbe Farbe und liefert mit der Salpetersäure zeifiggrüne Krystalle.

Chemische Untersuchung des Uranits, einer neu entdeckten metallischen Substanz, vom Hrn. Prof. Klaproth; in Crelles Chem. Annalen. 1789. N. II. S. 387. ff. J. A. Richter über die neuern Gegenstände der Chemie, vorzüglich das neu entdeckte Halbmetall Uranium. Bresl. und Pfortsburg. 1791. S. 1. ff.

§. 1131. 19) **Titanium**, die neueste metallische Substanz, die Hr. Klaproth in dem so genannten rothen Schörl entdeckt hat.

Mart. Heier. Klaproth's Untersuchung des hungarischen rothen Schörls; in seinen Beiträgen zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper. B. I, Posen und Berlin, 1791. S. 233. ff.

Zusam:

Zusammengesetzte Substanzen organischer Körper.

§. 1132. Die organischen Körper bestehen aus einer nur geringen Anzahl von Grundstoffen; und die große Verschiedenheit, die wir in den so mannigfaltigen Producten derselben in Ansehung ihrer sinnlichen Eigenschaften antreffen, rührt nicht immer von dem Unterschiede in der Qualität, als vielmehr von dem verschiedenen quantitativen Verhältnisse in der Verbindung der Grundstoffe her.

§. 1133. So weit die chemische Zergliederung der Körper der Pflanzen und Thiere jetzt reicht, hat man folgende einfachere Grundstoffe in ihnen angetroffen. Außer dem Brennstoffe, der in allen und jedem dieser Körper und ihrer Producte zugegen ist: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Sauerstoff; dann auch Schwefel, feuerbeständige Alkalien, Kalkerde und Eisen.

§. 1134. Aus diesen Grundstoffen sind die eigenthümlichen Zusammensetzungen gebildet, die man als nähere oder unmittelbare Bestandtheile der organischen Körper ansehen kann, und durch deren Aggregation der Bau der letztern aufgeführt ist. Diese Zusammensetzungen sind bloß das Werk lebender Organe, und die Kunst vermag sie zwar in ihre Grundstoffe zu zerlegen, kann sie aber nicht hervorbringen.

Bestandtheile der Körper des Pflanz reichs.

§. 1135. Die Körper des Gewächereichs zeigen folgende wesentliche, nähere Bestandtheile. (§. 1134.): 1) Schleim; 2) Zucker; 3) Stärke; 4) Kleber; 5) Tyweissstoff; 6) Weinstein; 7) Weinstensäure; 8) Sauerleesalz; 9) Sauerleesäure; 10) Citronensäure; 11) Aepfelsäure; 12) Benzoesäure; 13) Gallussäure; 14) Harz; 15) Gummiharz; 16) Federharz; 17) fettes Oehl; 18) Aetherisches Oehl; 19) Kampfer; 20) scharfer Stoff; 21) narkotischer Stoff; 22) fädiges Gewebe.

§. 1136. Wenn frische Pflanzen einer Hitze ausgesetzt werden, die nicht über den Siedepunct des Wassers geht, so werden sie ausgetrocknet oder gedörrt. Sie entlassen hierbei ihr wesentliches Wasser, das ohne Zweifel als solches einen Bestandtheil in ihnen vorher ausmachte; aber sie können auch andere wesentliche oder nähere Bestandtheile in dieser Temperatur verlieren und dadurch beträchtliche Aenderungen ihrer Kräfte und Eigenschaften erleiden, wie z. B. das ätherische Oehl den scharfen und den narkotischen Grundstoff.

§. 1137. In einer Hitze, die den Siedepunct des Wassers übersteigt, erfahren die vegetabilischen Körper eine noch weit merklichere Veränderung. Sie werden geröstet; ihre Mischung wird augenscheinlich verändert, und ihre Grundstoffe treten durch Einfluß
des

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 709

des Wärmestoffes in andere Verhältnisse und zu neuen Produkten zusammen, wie schon daraus abzunehmen ist, daß sie durch dieses Abßen sämtlich einen eignen Geruch und Geschmack erhalten, den man den brenzlichen (Empyreuma) nennt, und der vorher nicht wahrzunehmen war.

§. 1138. Bei einer stärkern Hitze und dem gehörigen Zutritte der Luft entzündeten sich endlich die vegetabilischen Körper, brennen sämtlich mit Flamme, und lassen nach dem völligen Einäschern einen feuerbeständigen Rest, der gegen das Ganze immer nur sehr wenig beträgt.

§. 1139. Der Ruß (Fuligo), der sich aus der Flamme der brennenden Vegetabilien ansetzt, ist Kohlenstoff, der wegen des nicht vollständigen Zutritts der Luft zum Innern der Flamme nicht verbrennen konnte, und theils mit dem Rauche mechanisch fortgerissen, theils daraus niedergeschlagen wurde. Es können ihm freylich mehr oder weniger fremdartige Theile anhängen, und er kann deshalb von verschiedner Beschaffenheit seyn.

Glanzruß. Flammruß. Gekruß. Nimmruß.

§. 1140. Alle diese Theile, welche bei dem Abßen und Verbrennen der vegetabilischen Körper sich zerstreuen, kann man auffangen und solcher Gestalt näher untersuchen, wenn man die Erhaltung derselben bis zu eben dem Grade in einer Retorte vornimmt, die mit dem nöthigen Apparate verbunden ist. Man nehme z. B. Späne von Buchenholz, fülle damit eine beschlagene Retorte bis zu zwei Dritteln an, fülle

hatte eine gläserne gekrümmte Röhre mit einer oder mehreren Mittelflaschen luftdicht an ihren Hals, und lasse die Mündung der letztern Leitungsröhre unter dem Trichter der mit heißem Wasser oder mit Quecksilber gefüllten pneumatischen Wanne treten. Man gebe gelindes Feuer, und verstärke es allmählig bis zuletzt zum Glühen der Retorte. Anfangs entweicht die atmosphärische Luft der Geräthschaft; dann gehen eigene Gasarten und Nebel über; die erstern treten unter die Recipienten der Wanne, die letztern verdrängen sich durch Abführung in den Mittelflaschen.

§. 1141. Man erhält hierbei eine außerordentlich große Menge von Gas. Ein großer Theil desselben ist kohlensaures Gas, und läßt sich durch Kalkwasser, Kalkmilch, oder äßende Lauge scheiden. Das zurückbleibende Gas ist entzündbar, hat einen unangenehmen, brenzlichen Geruch, und besitzt Eigenschaften des Wasserstoffgas; unterscheidet sich aber von dem reinen Wasserstoffgas durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, durch eine consistentere Flamme, mit der es brennt, und dadurch, daß es, bei seinem Abbrennen mit Lebensluft in verschlossenen Gefäßen, nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure liefert; auch nachdem es aufs sorgfältigste von allem anhängenden kohlensauren Gas vorher befreit worden ist. Es constituirt also eine eigene Gasart, die man kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas (*Gas hydrogenium carbonatum*, *Gas hydrogène carboné*)*) nennt.

*) Synonyma: Schwarzes kohlensaures Gas.

§. 1142.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 711

§. 1142. Die Erscheinungen dieses Gas zeigen also, daß Wasserstoff und Kohlenstoff zusammen seine Basis ausmachen, und folglich Bestandtheile des Holzes gewesen seyn müssen, woraus man es erhält. Das kohlensaure Gas, das man zugleich mit gewinnt, setzt voraus, daß außer dem Kohlenstoffe auch noch Sauerstoff darin zugegen seyn müsse. Uebrigens aber ist die Kohlensäure nicht vordisponirt als solche im Holze zugegen gewesen, sondern es waren ihre Grundstoffe vorher in andern Verhältnissen und mit den andern Bestandtheilen zu andern Zusammensetzungen vereinigt. Erst bey der Erhitzung bis zu einem gewissen Grade tritt ein Antheil Kohlenstoff mit einem Antheile Sauerstoff zur Kohlensäure zusammen und bildet mit dem Wärmestoffe kohlensaures Gas, zugleich aber vereinigt sich ein Antheil Brennstoff und Wasserstoff des Holzes in Verbindung mit etwas Kohlenstoff mit dem Wärmestoffe und tritt als kohlenstoffhaltigen Wasserstoffgas aus. Dieses entzündbare Gas ist es, welches beym Erhitzen des Holzes im Freyen die Flamme bildet, womit das Holz verbrannt.

§. 1143. Die übrigen flüchtigen Theile, die außer den Gasen bey der trocknen Destillation des Holzes (§. 1140.) ausgetrieben werden, verdichten sich in den Mittelflaschen durch Abkühlung zu erkennbaren Flüssigkeiten. Sie bilden theils eine wohlriechende Flüssigkeit, die gelbroth von Farbe, brenzlich im Geruch, und offenbar sauer ist, und die man sonst einen *Acidum* nennt; theils ein Oehl, von einem stark fettsäuerlichen Geruche und einem scharfen

Ge-

Eschmaße, welches auf der wässerigen sauren Flüssigkeit schimmt, anfangs dünne und heller ist, zuletzt aber bei zunehmender Hitze dunkler von Farbe, dicker von Consistenz, und zäher und dickerriger wird. Die erhaltene saure Flüssigkeit ist bei ihrer gelben Reinigung nicht von der Essigsäure verschieden. Sie hat eine zusammengesetzte Gemengtheile aus Kohlenstoff und Wasserstoff; sie präexistierte vorher, als solche, nicht im Holze; sondern ihre Bestandtheile waren in andern Verhältnissen unter einander verbunden, und selbst ihr wässeriger Antheil ist erst ein Product des Gensers; aus dem Wasserstoff und Sauerstoff des Holzes. near: erzeugt. Auch das brenzlige Oehl (*Oleum empyreumaticum*) ist ein Product, und kein Educt, und präexistierte vorher nicht als solches im Holze. Bei seinem Verbrennen mit Lebensluft bildet sich Wasser und Kohlenäure, und seine Bestandtheile sind auch Brennstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und etwas Sauerstoff. Das Verhältniß des Kohlenstoffes darin ist desto größer, je später es überdestilliert und je größer die Hitze dabei ist.

1144. Einige Pflanzen geben bei der trocknen Destillation keine saure Flüssigkeit, wie das Holz, sondern bloß eine Ammoniak. Dieses Ammoniak konnte nicht vorher, als solches, in den Pflanzen vorhanden seyn, wo es sich auch durch nichts darin nachweisen läßt, sondern es wird ebenfalls erst aus seinen Bestandtheilen in starker Hitze zusammengesezt, und zeigt, daß auch der Stickstoff in die Mischung sehr

Schwere einfache Stoffe in ihrer Verbindungen. 713

von andern Pflanzen und ihrer nähern Beschaffenheit eingehe.

§. 1145. Der Rückstand nach der Destillation des Holzes (§. 1140.) ist nun die Kohle. Sie ist nur der Antheil des Kohlenstoffes des Holzes, der nicht mehr Sauerstoff genug antrifft, um als Kohlensäure auszutreten, noch Wasserstoff, um als kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, oder beides zusammen, um als emphyreumatische Säure oder als emphyreumatisches Oehl überzugehen. Sie würde reiner Kohlenstoff seyn, wenn nicht in dem Holze noch andere fremdartige, feuerbeständige, salzige und erdige Theile wären, die damit unmisg. vermischt zurückbleiben.

§. 1146. Bey dem Verbrennen des Holzes so wohl, als aller vegetabilischen Körper, unter dem vollkommenen Zutritte der freyen Luft, wird der Antheil Kohlenstoff, der bey trockener Destillation zurückbleibt, durch Aufnahme des Sauerstoffes zur Kohlensäure, die als Gas entweicht, und es bleibt dann bloß die Asche (Cinis) zurück, ein zur Unterhaltung des Feuers nicht weiter geschicktes Pulver, das die feuerbeständigen Theile des Körpers ohne weitem Zusammenhang in sich enthält. Außer den erdigen Theilen enthält die Asche der Gewächse noch salzige Theile, die sich durch Auslaugen mit Wasser von jenen trennen lassen. Die meisten Pflanzen liefern so aus ihrer Asche durch Auslaugen, und durch Eindicken und Abdampfen der salzige bleibende Rest, Gewächsalz (S. 673), dabey aber den Natrium erhalten hat.

hat. Es ist immer mit etwas Kohlenstaub vermischt, die wohl von der Zersetzung der Kohle beim Verbrennen an das Alkali getreten ist; sonst enthält es aber auch noch verschiedene andere Salze, die es verunreinigen, wie z. B. schwefelsaures Gewächsalkali. Die so genannte Pottasche (*Cineres clavellati*) ist ein solches, wiewohl unreines, Gewächsalkali, aus der Asche der Holzarten gewonnen. Die Asche verschiedener am gesalznen Meerufer wachsenden Kräuter unterscheidet sich von andern dadurch, daß sie mineralisches Alkali enthält. Dergleichen Asche ist die Soda (§. 881.).

§. 1147. Die nach dem Auslaugen der Asche der Pflanzen zurück bleibenden erdigen Theile sind nach Beschaffenheit des Bodens, worauf die Pflanze wuchs, verschieden, und mehrentheils Kalk-, Thon- und Kiesel-erde; manchmal auch phosphorsaure Kalkerde. Oft enthält diese Pflanzenerde auch Eisenkalk.

§. 1148. Noch sind hier die Unterschiede der einzelnen nähern Bestandtheile der Körper des Pflanzenreichs (§. 1135.) und ihre Grundstoffe anzuzeigen.

§. 1149. 1) Der Schleim (*Mucilago*), das Gummi, löst sich im kalten und heißen Wasser, aber nicht im Alcohol und in ätherischen Oehlen auf; er theilt dem Wasser Viscosität, ohne erheblichen Geschmack; ist im reinen Zustande, nach dem Aus-trocknen durchsichtig, geruchlos, in der Wärme nicht zergehend, fester und zerreiblich. Er ist ein vorzüglicher

Schwere einfache Gumm- u. Harz-Verbindungen. 713

stärker Bestandtheil aller und jeder Pflanzen und ihrer Theile; nur läßt er sich nicht aus allen, wegen der zu gleicher Zeit darin befindlichen und auch in dem Wasser auflosbaren, andern Bestandtheile, gleich rein darstellen. Aus einigen Gewächsen quillt dieser Schleim auch von selbst aus, wie das arabische Gummi, das Kirschgummi beweiset.

§. 1150. Die Grundstoffe des Gummi oder Schleimes sind: Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 1151. 2) Das Harz (Resina) ist im Alcohol und ätherischen Oehle, aber nicht im Wasser auflosbar, zergeht in der Wärme und wird flüssig, läßt sich an der Flamme leicht entzünden, brennt mit einer rufhigen Flamme, und hinterläßt eine Kohle nach dem Abbrennen. Verschiedene Gewächse lassen das Harz entweder durch gemachte Einschnitte, oder auch, zuweilen im Alter, von selbst hervorquellen. Gewöhnlich sind diese natürlichen Harze mit ätherischem Oehle verbunden und dadurch verdünnt; sie haben davon Geruch und flüssige Consistenz, und heißen natürliche Balsame. Erst nach dem völligen Verdunsten des Oehls bleibt das reine Harz zurück.

§. 1152. Auch das Harz besteht aus Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 1153. 3) Das Gummiharz (Gummi resina) ist nicht als ein Gemenge aus Gummi und Harz, sondern als ein eigenthümliches Gemisch anzusehen, das

das sich weder ganz im Wasser noch in Alcohol klar auflösen läßt. Es bildet an den Pflanzen häufig einen milchigten Saft, der durchs Austrocknen fest wird, ist in der Wärme zähe, läßt sich aber nicht wie ein Harz schmelzen. Seine Grundstoffe sind: Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 1154. Eine Materie eigener Art macht 4) das Federharz (Gummi elasticum, Caoutchouc) aus. Es löst sich weder im Wasser noch im Weingeiste auf, wohl aber durch Hülfe der Wärme in fetten und ätherischen Öhlen, und auch im Aether. In der Hitze läßt es sich, wie die Harze, erweichen, und fließt endlich zu einer schwärzlichen Masse, nimmt aber nach dem Erkalten die Federkraft nicht wieder an. Es brennt auch in der Flamme eines Lichts. Es besteht aus Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff.

§. 1155. Die Saamen der Getreidearten geben durchs Zetmalmen und Durchbeuteln das bekannte Mehl, das sich auch aus einigen andern Theilen der Pflanzen, wie aus einigen Wurzeln und Früchten, obwohl nicht in gleicher Reinigkeit, darstellen läßt. Wenn man Mehl, vorzüglich Weizenmehl, mit kaltem Wasser erst zu einem festen Breie knetet, und diesen zwischen den Händen durch darauf fließendes kaltes Wasser so lange wäscht, bis das Spülwasser nicht mehr milchicht und trübe, sondern klar und helle abfließt; so bleibt eine grane, zähe, contrakt, glänzende, weiche Masse übrig, die sich im Wasser, im Wein:

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 717

Weingeist und in Oehlen nicht auflösen läßt, in der Wärme zu einer halbdurchsichtigen, hornartigen Materie austrocknet, am Feuer unter einem hornartigen Geruche verbrennt, und mit Wasser angefeuchtet in Fäulniß übergeht. Concentrirte Säuren und ebenso Alkalien lösen sie auf; doch letztere nur in der Hitze. Diese Materie heißt 5) der Kleber (Colla, Gluten). Im Weizenmehle ist dieser Kleber am häufigsten; und andere Mehlarthen sind desto weniger nährend, je geringer das Verhältniß desselben darin zu den übrigen Bestandtheilen ist.

§. 1156. Der Kleber ist zusammengesetzt aus Brennstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Stickstoff und Sauerstoff.

§. 1157. Der andere und vorwaltende Grundtheil des Mehls ist 6) die Stärke (Amylum). Sie sondert sich aus dem zur Darstellung des Klebers (§. 1155.) gebrauchten Spülwasser durch die Ruhe als ein weißer lockerer Bodensatz, ab, der nach dem Trocknen unschmackhaft und geruchlos ist, sich im kalten Wasser, im Weingeiste und in Oehlen nicht auflöst, wohl aber im heißen Wasser. Sie ist kein Schleim, ob sie sich gleich demselben in der Mischung nähert. Sie läßt sich auch aus mehrern frischen Wurzeln und mehligten Früchten durch Zerreiben derselben mit kaltem Wasser scheiden. — Die Bestandtheile der Stärke sind: Brennstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff.

§. 1158. Aus dem früh ausgeworfenen Saften Säfte verschiedener Gewächse, z. B. der Kresse, des Weißkohl, läßt sich durch Kochen 7) eine Materie scheiden, die sich als Schaum oder auch in Flocken abscheidet, und die alle Aehnlichkeit mit dem in der Folge anzuführenden Eiyweißstoffe (*Materia albuminosa*) des Thierreichs besitzt.

§. 1159. 8) Der Zucker (*Saccharum*) macht ein eigenes, wesentliches Salz der Pflanzen aus. Unser gewöhnlicher Zucker wird aus dem Saft des Zuckersrohrs durchs Abrauchen erhalten, und stellt nach der völligen Reinigung von andern Theilen ein festes, weißes Salz dar, von einem süßen Geschmacke, das sich im Wasser leicht, und auch im Weingeiste auflöst, und sich auch in regelmäßiger Gestalt krystallisiren läßt, wie der Sandisucker beweiset. Er macht die Lackmuspinctur nicht roth, das Curcumapapier nicht braun. Auf glühenden Kohlen verbrannt, stößt er einen stechend-säuerlichen Dampf aus, verpufft mit Salpeter, und geht nach der Verdünnung mit Wasser in die Weinsichte und endlich in die Essiggährung über. Der Zucker ist in dem Pflanzenreiche ziemlich häufig verbreitet, und ein und derselbe Bestandtheil in allen süß schmeckenden Früchten und Pflanzen; nur läßt er sich freylich wegen der übrigen schleimigen und auszugartigen Theile nicht aus allen gleich rein, und noch weniger vortheilhaft darstellen. Der Zucker besteht aus Brennstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff.

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 719

§. 1160. 9) Die Weinsteinssäure (*Acidum tartaricum*) ist ein Bestandtheil des 10) Weinstein (*Tartarus*), eines wesentlichen Pflanzensalzes, das sich aus dem Moste, zumal aus herbem, bey der Weingährung scheidet; und worin sie mit dem Gewächssalkali verbunden, aber noch nicht gesättigt ist, so daß auch der Weinstein deswegen als ein säuerliches Salz erscheint. Sonst ist sie aber auch noch in einigen sauern Früchten, wie z. B. in den Tamarinden, in den Beeren des Gerberbaums, enthalten. Die reine Weinsteinssäure schießt in blätterförmigen Krystallen an, die an der Luft beständig sind, in der Hitze zersezt werden und im Feuer verbrennen. Die Weinsteinssäure besteht aus denselbigen Bestandtheilen, als der Zucker; aber der Sauerstoff ist darin in einem größern, und die übrigen Grundstoffe sind in einem geringern Verhältnisse als in jenem.

§. 1161. 11) Die Sauerkleeensäure oder Zuckersäure (*Acidum oxalicum*) ist im 12) Sauerkleezucht (*Sal acetosellae*) mit einem Theile Gewächssalkali verbunden, aber nicht damit gesättigt, so daß dieses auch als ein wesentliches saures Salz erscheint. Sie läßt sich auch durch Kunst aus dem Zucker, der Stärke, dem Schleime, der Weinsteinssäure und andern Pflanzengestoffen, dadurch darstellen, daß man diese vermischt mit der Salpetersäure bis auf einen gewissen Grad mit mehrern Sauerstoffe verbindet. Sie schießt in spießförmigen, oder dünnen vierseitigen prismatischen Krystallen an, die sehr sauer schmecken, an der Luft in der Wärme verwirren, in der Hitze zersezt werden, und sich

sich auch brennbarhaftig zeigen. Die Sauerfleetsäure hat mit der Weinsäure einenley Grundstoffe gemein, aber in einem andern quantitativen Verhältnisse.

§. 1162. 13) Die Zitronensäure (*Acidum citricum*) ist in dem Zitronensaft (*Succus citri*) in Verbindung mit schleimigen Theilen, und sonst noch in andern sauren Säften, z. B. der Johannisbeeren, der sauren Kirschen, der Moosbeeren, der Preuselsbeeren, der unreifen Weintrauben, u. a., enthalten. Diese Säure ist im reinen Zustande krystallisirbar, und hat einenley Radical (§. 871.) mit der Weinsäure und Sauerfleetsäure, nur in einem andern Verhältnisse der Grundstoffe desselben.

§. 1163. 14) Die Apfelsäure (*Acidum malicum*) findet sich in den Säften saurer Äpfel, sonst aber auch in andern sauren Früchten, wie in den Berberitzen, Hollunderbeeren, Schlehen, Pflaumen, u. a. Sie läßt sich nicht zu festen Krystallen bringen, und unterscheidet sich von der Weinsäure, Zitronensäure und Sauerfleetsäure durch ein anderes Verhältniß der Grundbestandtheile.

§. 1164. 15) Die Benzoesäure (*Acidum benzoicum*) macht in dem Benzoeharze (*Benzoë*) einen nähern Bestandtheil, und kann daraus entweder durch gelinde Sublimation, oder durch Ausziehen mit alkalischen Laugen oder Kaltwasser geschieden werden. Sie ist eine flüchtige Säure, und erscheint in weißen, glänzenden Nadeln (*Benzoeblumen*). Ihr Geschmack ist nicht hervorstechend sauer. Sie löset sich

Schwere einfache Stoffe in ihre Verbindungen. 221

sich im kalten Wasser schwer, leichter im kochenden auf. In der Luft sind die Krystalle beständig. Im Weingeiste sind sie auflösbar, und auf glühenden Kohlen brennbar. Auch das Radical von dieser Säure ist aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt.

§. 1165. 16) Der zusammenziehende Stoff (Principium adstringens) äußert sich in den Gewächsen durch den zusammenziehenden Geschmack, den sie verursachen, und dadurch, daß die wässrige oder geistige Ausziehung derselben mit der Auflösung des Eisens in Säuren einen schwarzen Niederschlag bewirkt. Beispiele geben: die Galläpfel, die Rinde der Eiche, der Granatapfel, der Schinack, u. a. Unsere gemeine Tinte ist ein solcher Niederschlag des Eisens durch den zusammenziehenden Stoff. Wenn dieser zusammenziehende Stoff von den ihm anhängenden färbenden, gummigen und harzigen Theilen befreiet worden ist, so zeigt er sich als ein weißes, nadel förmiges, saures Salz, das man Gallussäure genannt hat. Es ist in der Hitze flüchtig; auf glühenden Kohlen ist es entzündlich. Mit Salpetersäure behandelt, giebt es Sauerflessäure. Der schwarze Niederschlag, den der zusammenziehende Stoff mit dem Eisen macht, ist in einem Ueberschusse von andern Säuren auflöslich, wodurch die schwarze Farbe wieder verschwindet, die sich aber dann wieder durch Alkali zum Vorschein bringen läßt. Kohlenstoff und Wasserstoff machen auch das Radical dieser Säure aus.

§. 1166. 17) Aus mehreren Saamen und Keimen, z. B. dem Leinssaamen, dem Rohnsaamen, den Mandeln, so wie auch aus einigen Früchten der Pflanzen, z. B. den Oliven, löst sich eine flüssige Materie auspressen, welche durch Hülfe eines Dochtes die Flamme ernährt, und sich nicht in Wasser auflösen läßt, also ein Oehl, und zwar ein solches, das sich nicht im Weingeiste auflöst; auf Papier getropft einen Fleck macht, der durchs Erwärmen nicht wieder vergeht, und wenn es rein ist, keinen erheblichen Geruch und einen milden Geschmack besitzt. Man nennt es ein fettes Oehl (*Oleum unguinosum*). Zum Sieden erfordern diese Oehle eine starke Hitze, die man auf 600 Grad nach Fahrenheit rechnet. Sie sind sämmtlich specifisch leichter als Wasser. Einige trocknen an der Luft aus, andere bleiben stets schmierig. Einige sind in der gewöhnlichen Temperatur unserer Atmosphäre flüssig, andere hart und spröde; jene nennt man auch Pflanzenbutter. Das Wachs kann man gewisser Maßen zu den fetten Oehlen rechnen. Die fetten Oehle sind außer dem Brennstoffe fast bloß aus Kohlenstoff und Wasserstoff, und nur aus wenigem Sauerstoffe zusammengesetzt.

§. 1167. Mit den ägenden Alkalien verbinden sich die fetten Oehle vollkommen und innigst, und werden damit zu einer neuen Materie, die sich in Wasser und Alcohol auflösen läßt, zur Seife (*Sapo*). Die Seifen werden durch alle Säuren wieder zersetzt, und das Oehl daraus abgeschieden, wiewohl in veränderter Natur. Auch alle Verbindungen der Säuren mit

Ereissen,

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 723

Stoffen, mit denen sie nicht so nahe verwandt sind, als mit den feuerbeständigen Alkalien, zerlegen die aus letztern bereiteten Seifen. Verschiedene Wässer, besonders aus Brunnen, lösen aus eben dieser Ursache die Seifen nur unvollkommen auf und zerlegen sie. Man nennt diese Wässer hart (*Aquae durae*). Die weichen Wässer hingegen (*Aquae molles*), wie die atmosphärischen und das destillirte Wasser, lösen die Seifen vollkommen auf.

§. 1168. 18) Verschiedene stark riechende und schmeckende Pflanzen, oder ihre Theile, erteilen nicht nur dem darüber abgezogenen oder destillirten Wasser ihren Geruch, sondern es geht auch zugleich mit dem Wasser ein Oehl über, das von den fetten Oehlen wesentlich verschieden ist, wie schon daraus zu sehen ist, daß es sich mit Wasser destilliren läßt. Es erfordert also eine geringere Hitze zum Sieden, als die fetten Oehle, hinterläßt auf dem Papiere keinen Fleck, wenn man dieses anwärmt, ist in der Wärme leicht verdunstbar, hat einen durchdringenden Geruch, der in allem mit dem Geruche der Pflanze übereinkommt, woraus es destillirt worden ist; es löst sich in Weingeist auf, und läßt sich durch die Flamme eines Lichts anzünden. Man nennt diese Oehle ätherische, riechende oder destillirte Oehle (*Olea aetherea, destillata*), auch wohl wesentliche Oehle; doch kommt der letztere Name mit allem Rechte auch den fetten Oehlen zu. Die mehresten ätherischen Oehle sind leichter, als das Wasser, und schwimmen oben auf; nur einige, besonders aus Gewürzpflanzen heißer Länder, sinken im

Wasser zu Boden. Ferner unterscheiden sie sich in der Consistenz, und besonders auch in der Farbe. Im Wasser lösen sie sich einiger Maffen auf und ertheilen ihm ihren Geruch und Geschmack. Die Grundstoffe des ätherischen Oehles sind außer dem Brennstoffe, Wasserstoff und Kohlenstoff.

§. 1169. 19) Eine andere eigenthümliche Materie der Pflanzen, die aber seltener in ihnen anzutreffen ist, ist der **Kampfer** (Camphora), eine weiße, nicht fettig und auch nicht scharf anzufühlende, feste, durchscheinende, glänzende Materie, von einem starken und durchbringenden Geruche und Geschmacke, die sehr flüchtig ist; in gelinder Wärme schmilzt, sich sehr leicht anzünden läßt, und ohne Rückstand zu hinterlassen, mit starkem Rauche und Ruß verbrennt. Der Kampfer ist im Wasser nicht auflösbar, aber im Weingeiste und in Oehlen. Er besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff.

§. 1170. 20) Der **scharfe Pflanzenstoff** (Materia acris pl.) muß als ein eigener näherer Bestandtheil im Pflanzenreiche unterschieden werden. Mehrere Pflanzen nämlich, die übrigens geruchlos sind, haben einen sehr brennenden und scharfen Geschmack, sie erregen, wenn sie frisch auf die Haut applicirt werden, Rötze, örtliche Entzündungen, ziehen Blasen. Durchs Trocknen verliert sich diese Schärfe ganz oder größtem Theils. Das Wasser, das man über diese Pflanzen abzieht, erhält dagegen alle Schärfe und alles Reizende. Beispiele geben: die frischen Wurzeln vom Arum,

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 725

Arum, von der Meerzwiebel, von der Zeitlose, der frische Hahnenfuß, u. a. In verschiedenen Gewächsen ist dieser scharfe und flüchtige Stoff mit ätherischem Oehl verbunden, und dadurch auch einiger Maßen gemildert; wie z. B. im Kerrettig, im Löffelkraute, in der Brunnenkreuze, im Senfe, u. a. Sonst ist uns die Mischung dieses eigenen Stoffs noch sehr unbekannt. Irziger Weise haben ihn einige für Ammoniak gehalten.

§. 1171. Das Narcotische oder Betäubende mehrerer Pflanzen, z. B. des Opiums, der Rischlorberblätter, ist gewiß keine Qualität anderer näherer Bestandtheile, sondern hängt vielmehr von einem eigenen Substrate ab, das selbst einen nähern Bestandtheil des Pflanzenreichs ausmacht, und das ich 21) den narcotischen Pflanzenstoff (Materia narcotica pl.) nenne. Bis jetzt hat man freylich dieses Princip noch nicht abgesondert und allein darstellen können, daraus läßt sich aber kein Schluß gegen die Existenz eines solchen eigenen Wesens machen. Es ist flüchtig in der Siedhize des Wassers, kann aber doch durch andere fixere Bestandtheile so fixirt werden, daß es die Siedhize des Wassers verträgt. Immer aber verlieren die narcotischen Substanzen des Gewächsreichs durchs Trocknen, Auskochen, von der Stärke ihrer Kraft. In manchen, wie in Rischlorberblättern, ist der narcotische Stoff an ein ätherisches Oehl gebunden.

§. 1172. Endlich ist noch der nach Absonderung aller bisher erwähnten nähern Bestandtheile der Pflanzen

jen

den übrig bleibende Rückstand, der gewisser Maßen das Skelett der Pflanze vorstellt, unter dem Namen des 22) **fadigen oder holzigen Theiles** (*Materia fibrosa pl.*), als eine eigenthümliche Zusammensetzung zu unterscheiden. Seine Unauflöslichkeit in Wasser, Alkohol, Oehlen und Alkalien charakterisiren ihn genugsam. Er ist brennbar, und Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bilden seine Zusammensetzung; vielleicht auch noch Stickstoff und Phosphor.

Zusammensetzungen in thierischen Körpern.

§. 1173. Die Grundstoffe, welche die Zusammensetzungen oder die nähern Bestandtheile **thierischer Körper** bilden, sind dieselbigen, als bei den Körpern des Pflanzenreichs. Es sind, außer dem Brennstoffe, (der in jedem Producte derselben enthalten ist,) **Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Sauerstoff**, und dann noch **Kalkerde**. Im Allgemeinen unterscheiden sich die allermehrsten thierischen Substanzen dadurch von den vegetabilischen, daß sie mehr **Stickstoff** und **Phosphor** verhältnißmäßig enthalten.

§. 1174. Als eigene nähere Bestandtheile der thierischen Körper aus den vorgenannten Grundstoffen (§. 1173.) sind anzusehen: 1) **Gallerte**, 2) **Fett**, 3) **Eyweißstoff**, 4) **Faserstoff**, 5) **Knochenmarie**, 6) **Milchzucker**, 7) **Ameisensäure**, 8) **Kohlensäure Kalkerde** der **Schalthiere**, u. a.

§. 1175.

Schwere einfache Stoffe. Ihre Verbindungen. 207

§. 1175. Bei der trockenen Destillation geben die thierischen Körper alle kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas (§. 1142.) und kohlenstoffiges Gas, und die meisten außer einem brenzlichen Oehle kohlenstoffsaures Ammoniak; nur wenige geben eine brenzliche Säure. Die Entstehung dieser Producte läßt sich aus den angeführten (§. 1173.) Grundstoffen leicht erklären.

§. 1176. Die Kohle solcher thierischen Substanzen, welche bei der trockenen Destillation Ammoniak geben (§. 1175.), z. B. von Gallerte, Eyweiß, Blut, Knochen, ist besonders noch dadurch merkwürdig, daß sie, mit öfenden feuerbeständigen Alkalien in bedeckten Gefäßen geglüheth, der nachher mit Wasser auszuziehenden Lauge derselben das Vermögen ertheilt, das Eisen aus seinen Auflösungen in Säuren als Berlinerblau niederzuschlagen. Es bildet sich nämlich aus dem jener Kohle noch anhängenden Stickstoffe, Wasserstoffe, Kohlenstoffe, Phosphor und etwas Sauerstoffe eine eigenthümliche Säure, die man jetzt durch den Namen der Blausäure (*Acidum borussicum*, *A. prussique*) unterscheidet, welche mit dem Alkali in Verbindung tritt, es neutralisirt, von demselben aber durch eine doppelte Wahlverwandtschaft an das Eisen übergeht, das in einer Säure aufgelöst ist. Das Berlinerblau ist also blausaures Eisen. Die Blausäure selbst ist eine schwache Säure, für sich allein in der Hitze flüchtig und gasförmig. Sie tritt von dem Berlinerblau an Alkalien und Kaltwasser, wenn man diese damit kocht.

§. 1177.

§. 1177. So wie der Kohlenstoff durchs Brennen zur Kohlenäure wird, so wird der Phosphor in der thierischen Kohle durchs Einäschern der letztern zur Phosphorsäure, die, wenn zugleich Kalkerde zugegen ist, damit phosphorsaure Kalkerde bilden kann. Dergleichen ist die Knochenasche.

§. 1178. 1. Die Gallerte (Gelatina) macht einen nähern Bestandtheil der frischen Muskelfaser, des Zellgewebes, der Knorpel, der Klauen, der Hörner, der Knochen, u. a., aus. Sie löst sich im Wasser auf, das man mit diesen Theilen kocht, ertheilt demselben einen milden Geschmack, ohne erheblichen Geruch, und einige Viscosität. Die Fleischbrühen sind solche Auflösungen des gallertartigen Theiles des Fleisches im Wasser. Nach dem Verdunsten des Wassers bis zu einem gewissen Grade gerinnt die Auflösung beim Abkühlen zu einer durchsichtigen, mit etwas Schnellkraft begabten, Materie, die man im gemeinen Leben auch eine Gallerte oder Sulze nennt; und wird endlich bei fortgesetztem Austrocknen zu einer harten, festen, durchscheinenden, hornartigen Materie, die sich im Wasser und im Weingeiste vollkommen wieder auflösen läßt, und auch ein Leim (Glutin) genannt wird. In der Hitze läßt sich dieser Leim nicht eigentlich schmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche des angebrannten Horns. Mit Wasser verdünnt, geht er in der Wärme schnell in Fäulnis über. Die Gallerte ist aus Brennstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor und Sauerstoff zusammengesetzt.

Schwere einfache Stoffe. 3. Ordnung. 729

§. 1175. 2) Das Fett (Lingudol, Adeps, Akungia) der Thiere ist der fetten Pflanzenölen in allem ähnlich; und unterscheidet sich von den verschleimten Thieren; und nach dem verschiedenen Grade, wo es abgefordert wird, in der Consistenz, wie der Talg oder Wachs (Sabum), der Ballen, das Schmalz und der Thran beweisen. Auch die Duntze gehört hierher: Alles, was oben (§. 1166. ff.) von den fetten Pflanzenölen angeführt worden ist, gilt auch vom Thierischen Fett. Seine Bestandtheile sind, auch dieselben.

§. 1180. 3) Der Eiweißstoff (Materia albumina) macht den hauptsächlichsten Bestandtheil des Blutwassers (Serum sanguinis) und der lymphatischen Flüssigkeiten aus; bildet den Käse der Milch; das Etwies. Er ist vor dem Gerinnen mit kaltem Wasser mischbar, und darin so sehr zertheilt, daß er aufgelöst zu seyn scheint. Durch die Hitze gerinnt er aber darin; und auch Alles, was das Wasser stärker anzieht, wie concetrirte Säure, Weingeist, bringt ihn zum Gerinnen, und er fällt als ein weißer, geruch- und geschmackloser Körper nieder, der nach dem völligen Austrocknen durchscheinend, hart und spröde ist; in der Wärme nicht schmilzt, im Wasser und Weingeiste nicht auflösbar ist, sich aber in Ammoniak und Alkalien auflösen läßt. Seine Bestandtheile kommen mit denen der Galläste überein; nur sind sie im Verhältnisse gegen einander verschieden.

§. 1181. Von dem Eiweißstoffe unterscheidet sich durch eine festere Consistenz und durch eine größere Gerinn-

Gerinnbarkeit. 4) der **Faserstoff**, oder der **fadenartige Theil des Bluts** (*Part fibrosa*), der aus dem frisch genommenen Blutfachen durch Waschen mit Wasser getrennt werden kann, und sich auch beim bloßen Schlagen und Rüsteln des frisch gelassenen Bluts absondern läßt. Er ist im frischen Zustande weiß, sehr zähe, trocknet in der Wärme zu einer festen Materie aus, löst sich weder im kalten, noch heißen Wasser auf, auch nicht im Weingeiste, wohl aber in concentrirten Säuren, wie im Weinsäure, aus dem er aber doch wieder durch Verdünnung mit Wasser gefällt wird. In der Hitze läßt er sich nicht schmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche angebrannter Haare. — Mit diesem fadenartigen Theile des Bluts kommt die von allem Auszugartigen oder Gallertartigen befreite Muskelfaser überein, und die Membranen, die Knorpel, die Ligamente, die Nägel und Klauen, die durchscheinenden Hörner, die Haare, die Wolle, die Federn, nehmen alle aus diesem fadenartigen Theile ihren Ursprung, und sind im Grunde in ihrer Mischung davon nicht verschieden, wenn man ihren gallertartigen Theil ausgezogen hat. In Ansehung seiner Mischung kommt er mit dem Kleber des Wehls (§. 1155.) überein.

§. 1182. Die Knochen der Thiere mit ihrer durchsichtigen Hörner, so wie die Gerippe der Amphibien und Fische, lassen, wenn sie von allen nicht dazugehörigen Theilen gereinigt und von ihrem gallertartigen Stoffe durch Auskochen mit reinem Wasser

völlig

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 731

völlig befestigt worden sind, eine weißliche unschmackhafte Substanz zurück, die noch die organische Structur wegen ihres Zusammenhanges zeigt, sich in den Säuren auflösen, in der Hitze in verschlossenen Gefäßen sich zur Kohle brennen läßt, im offenen Feuer den Geruch der angebrannten Haare zeigt, und eine große Menge weißer Erde zurückläßt. Ich nenne diese Substanz der ausgekochten Knochen 5) **Knochenmaterie**, und unterscheide sie dadurch von der **Knochenerde** (§. 1177.) die nach dem völligen Einäschern oder Ausbrennen derselben zurückbleibt. Die Knochenmaterie kommt in der Beschaffenheit ihrer Grundtheile mit dem fadenartigen Theile des Bluts überein, und ist nur hauptsächlich in dem Verhältnisse des Phosphors und der Kalkerde verschieden, die darin in einem sehr fern Verhältnisse zu den übrigen Grundstoffen sind.

§. 1183. In der Milch der Kühe, und wahrscheinlich auch in der Milch anderer Kräuter-fressenden Thiere, findet sich noch ein wesentliches Salz, 6) der **Milchzucker** (*Saccharum lactis*), von einem schwach-zuckerartigen Geschmacke, das sich auch in luftbeständige Krystalle bringen läßt, sich weder als Säure noch als Laugenfalz zeigt, und vielmehr zu der Ordnung der zuckerartigen Salze (§. 861.) gehört. Er ist offenbar vegetabilischen Ursprungs.

§. 1184. Die **Säure der Ameisen** (*Acidum formicarum*), unterscheidet sich, nach gehöriger Reinigung, nicht von der Essigsäure des Pflanzenreichs, und hat auch ohne Zweifel einen bloß vegetabilischen Ursprung.

Wen

Von selbst erfolgender Veränderung der Mischung organischer Körper.

§. 1185. In den lebenden organischen Körpern erfolgen zwar durch die Functionen des Lebens beständige Mischungsveränderungen der verschiedenen Stoffe, welche zu den nähern Bestandtheilen der organischen Körper gehören, und die Absonderungen beruhen hauptsächlich hierauf. Wir haben es indessen hier nur mit den von selbst erfolgenden Veränderungen der Mischung zu thun, die in der todtten organischen Substanz Statt finden. Alle todtte organische Substanzen sind dieser von selbst erfolgenden Veränderung ihrer Mischung unterworfen, wenn sie bey einem hinlänglichen Grade der Wässerigkeit und Wärme von dem Zugange der Luft nicht ganz ausgeschlossen sind. Man nennt diese von selbst erfolgende Zerstörung ihrer Mischung **Gährung** (*Fermentatio*).

§. 1186. Nach der Beschaffenheit der Substanz, welche in Gährung begriffen ist, auch wohl nach der Dauer der Gährung selbst, sind die Producte verschieden, die sich dabey bilden; und man hat hiernach dreierley Arten von Gährung unterschieden: die **weinigte Gährung** (*Fermentatio vinosa*); die **sauere oder Essiggährung** (*Fermentatio acida*); und die **fäuligte Gährung oder Fäulniß** (*Fermentatio putrida, Putrefactio*). Indessen ließen sich allerdings noch mehrere Arten festsetzen.

Wein:

W e i n g ä h r u n g .

§. 1187. Die schleimig-zuckerartigen Stoffe des Pflanzenreichs erfahren sehr bald eine auffallende Veränderung ihrer Mischung, wenn sie bei dem gehörigen Grade der Verbindung mit Wasser und bei der Wärme (von 60. bis 79 Gr.) vom Zutritte der Luft nicht ganz ausgeschlossen sind.

§. 1188. Um die Erscheinungen, die dabei Statt finden, wahrnehmen zu können, wähle ich den Most, oder den ausgepressten Saft der Weintrauben, als Beispiel. Wenn man denselben in einer enghalsigen Flasche in eine Temperatur von etwa 70° F. ruhig hinstellt, so geräth er sehr bald in eine innere Bewegung; die Durchsichtigkeit und Klarheit verlieren sich; die Masse wird trübe; es reißt sich eine große Menge von Luftbläschen aus dem Innern derselben los, die auch wohl mit einem merklichen Geräusche hervorbrechen, und wegen der Zähigkeit der Materie, worin sie eingeschlossen sind, eine Schicht auf der Oberfläche der Flüssigkeit, den Gäsche, bilden. Sie sind durchaus kohlensaures Gas, das nach Beschaffenheit der gährenden Materie und der dabei Statt findenden Temperatur oft in ungemeiner Menge hervorbricht, und beim verhinderten Austritte auch wohl die Gefäße sprengen kann. Nach einer längern oder kürzern Zeit lassen diese Erscheinungen der Gährung nach, der Schaum verliert sich, die gegohrne Materie wird wieder klar und hell, und es entbindet sich kein kohlensaures Gas weiter. Jetzt scheint die Natur gleichsam

sam einzuladen, diesen Zeitpunkt zu nützen, und die Bedingungen zu entfernen, unter welchen die Gährung anhub, und unter welchen eine neue Mischungsveränderung eintreten würde. Die gegohrne Materie zeigt jetzt eine veränderte Natur; der süße Geschmack des Mostes und seine Klebrigkeit haben sich verloren, und er hat den weinartigen Geruch und Geschmack, und berauschende Kräfte erhalten, die man vorher nicht an ihm wahrnahm. Es hat sich ein dicker Saß geschieden, der die so genannten *Sazen* (*Faeces, Mater vini*) ausmacht.

§. 1189. Das Bedürfniß hat den Menschen vielerley weinartige Getränke aus mancherley Pflanzenstoffen zu bereiten gelehrt. Aber in allen ist nur die zuckerartig-schleimige Materie die Grundlage derselben, und der weinartigen Gährung fähig; und es giebt daher außer dem eigentlichen Weine aus Traubensaft noch eine große Menge anderer weinartiger Getränke. Hierher gehört unter andern: der *Eider* oder *Apfelwein*, der *Meth* aus Honig, das *Bier* aus Malz.

§. 1190. Bei solchen Dingen, die nicht sehr geneigt zur Gährung sind, oder worin der Zuckersstoff mit zu vielen andern Theilen verbunden ist, befördert man die Gährung durch den Zusatz gewisser Substanzen, die man Gährungsmittel (*Formenta*) nennt. Dahin gehören Materien, die entweder schon selbst in Weingährung begriffen oder sehr geneigt dazu sind.

§. 1191.

Schwere einfache Dämpfe u. ihre Verbindungen. 735

§. 1191. Wenn man guten, geistreichen Wein aus einer gläsernen Retorte mit einer Vorlage im Sandbade bei wohl verklebten Fugen und gelinder Hitze destillirt, so geht eine Flüssigkeit, in eigenen, fett aussehenden, Streifen in die Vorlage über, die einen starken erwärmenden Geschmack, einen durchdringenden Geruch, und berausende Kraft besitzt, sich anzünden läßt, und mit einer Flamme ohne Rauch und Ruß verbrennt. Der überdestillirte flüchtige Theil des Weines heißt **Weingeist** (*Spiritus vini*), **brennbarer Geist** (*Spiritus ardens, inflammabilis*), **Branntwein** (*Vinum adustum*). Er enthält immer noch wässrige Theile bengenemisch, die zu gleicher Zeit mit übergehen. Alle gegohrne weinartige Getränke geben bei der Destillation diesen brennbaren Geist, und zwar immer um desto mehr, je besser sie sind. Die im Handel vorkommenden oder zum Bedürfnisse verwendeten Branntweine werden auch aus andern, oft in dieser Absicht bloß zur Weingährung gebrachten, weinartigen Flüssigkeiten gezogen.

§. 1192. Der von seinem überflüssigen Wasser ziemlich genau gereinigte Branntwein heißt **rectificirter Weingeist** (*Spiritus vini rectificatus*), wenn er auch schon eben nicht vom Weine, sondern, wie in unsern Gegenden, vom Kornbranntweine verfertigt worden ist. Den allerreinsten, und von allen außerwesentlichen Wassertheilen durch gehörig angestellte Rectification befreieten, nennt man **Alkohol** oder **höchtrectificirten Weingeist** (*Alcohol, Spiritus vini rectissimus*).

§. 1193.

§. 1193. Der Alkohol ist das eigentliche Product der weinigen Gährung, und als ein eigenthümliches, durch die Natur erzeugtes, Gemisch anzusehen. Er ist im reinen Zustande völlig farblos, hell und klar, durchdringend und stark von Geruch und Geschmack, läßt sich ohne Noth leicht anzünden, und brennt, ohne Rückstand zu hinterlassen, mit Flamme ohne Rauch und Ruß. Er ist specifisch leichter als Wasser, und sein eigenthümliches Gewicht wird gewöhnlich zu 0,815 gesetzt; Herr Lowitz aber hat gezeigt, daß dieses bei der stärksten Entwässerung des Alcohols auf 0,791 herunter gebracht werden könne. Er ist flüchtig, leicht verdunstbar, und siedet schon bei 165° F. Eben dieses ist der Grund, warum er sich durch Rectification entwässern läßt. Mit dem Wasser läßt sich der Alkohol in allen Verhältnissen vermischen, und beide nehmen nach der Vermischung einen geringern Raum ein, als sie nach der Summe ihrer einzelnen Räume einnehmen sollten. Der Alkohol gefriert nicht in den bei uns bekannten Graden der Kälte.

§. 1194. Wenn man die Dämpfe des Alcohols aus einer gläsernen Retorte durch ein glühendes gläsernes Rohr, das mit einer Mittelflasche und dem pneumatischen Apparate connectirt, treten läßt, so wird ein Antheil Alkohol zerlegt, und man erhält kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas und kohlensaures Gas.

§. 1195. Die Bestandtheile des Alcohols lassen sich aus den Producten seines Verbrennens beurtheilen

Schwere einwirkende Stoffe u. ihre Verbindungen. 737

ten und beständigen. Unterminirt man nämlich das Verbrennen des Alcohols in einer metallenen Schale, die auf der Speerflüssigkeit schwimmt, und trägt dann eine Glocke mit atmosphärischer Luft darüber, so findet man, daß er, wie alle verbrennliche Substanzen, Sauerstoffgas verzehrt. Braucht man hierbei Quecksilber zum Sperren, so enthält die rückständige Luft nicht allein Stickgas, sondern auch kohlensaures Gas, und das Inwendige der Glocke ist, so wie das Quecksilber mit einer merklichen Menge Wasser bedeckt, auch wenn man den aufs höchste entwässerten Alcohol angewendet hat. Braucht man Kalzwasser zum Sperren, so wird dieses getrübt und kohlensaure Kalkerde niedergeschlagen. Es folgt also hieraus, daß Wasser und Kohlensäure die einzigen Producte des Verbrennens des wasserfreien Alcohols sind. Herr Lavoisier findet durch Berechnung aus seinen Versuchen, daß 100 Theile Alcohol beim Verbrennen in Sauerstoffgas 116,0816 Theile Wasser geben, und daß 100 Theile des höchst entwässerten Alcohols aus nahe 29,58 Kohlenstoff, 77873 Wasserstoff, und 63,597 schon gebildetem Wasser bestehen. Wenn man das letztere nicht als nähern Bestandtheil des Alcohols ansehen will, so besteht der Alcohol etwa aus 0,285 Theilen Kohlenstoff, 0,175 Theilen Wasserstoff und 0,540 Theilen Sauerstoff.

Lavoisier über die Verbindung des sauren erzeugenden Grundstoffes mit Weingeist, Oehlen und andern verbrennlichen Körpern; in *Crells chem. Annalen*, 1799. B. I. S. 918 ff.

S. 1196. Aus der innigen und genauen Vereinigung des Alcohols mit der concentrirten Schwefelsäure

Ala a

erzeugt

erzeugt sich ein neues merkwürdiges Product: die *Nitronaphtha*, oder der *Nitroläther*: eine Flüssigkeit von einem eigenen, angenehmen, aber durchdringenden, Geruche und Geschmache, die noch leichter ist, als Weingeist; sich im Weingeiste leicht auflöst, und auch einiger Maßen im Wasser; da zehn Theile des letztern einen Theil davon in sich nehmen; sehr leicht und schnell verdunstet, und dabei eine ansehnliche Kälte erzeugt; sich leicht anzünden läßt, auch schon in der Entfernung von der Flamme eines Lichtes; und mit einer starken und hellen Flamme verbrennt. Auch einige andere Säuren bringen mit dem Weingeiste besondere Arten von Aether hervor, wodon die *Salpeterminaphtha*, die *Zinnaphtha*, Beispiele geben.

§. 1197. Die Bestandtheile des zur Weingährung fähigen schleimig-zuckerartigen Stoffes in Verbindung mit dem Wasser sind: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; dies sind aber auch die Bestandtheile des Products der Weingährung, nämlich des Alcohols (§. 1195.), nur in einem andern Verhältnisse, besonders in einem geringern des Kohlenstoffes zu den übrigen. Folglich besteht diese Mischungsveränderung darin, daß in der gährenden Substanz der Kohlenstoff vermindert wird. Dieses geschieht auch bey dem Acte der Gährung, wie das austretende kohlensaure Gas offenbar lehrt. Es verbindet sich also unter dem Einflusse der Wärme ein Antheil Kohlenstoff mit Sauerstoff zur Kohlensäure, die als Gas austritt; den Sauerstoff dazu liefert wohl nicht allein

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 739

allein der schleimig-zuckerartige Stoff, sondern wahrscheintlicher Weise auch das Wasser, wovon also ein Antheil hierbey zersetzt, und wodurch also das Verhältniß des Wasserstoffes zu den übrigen Grundstoffen noch größer wird, und sich so das Product, das Spiritudse, bildet. Durch die Entstehung des Alcohols in der weinartigen Flüssigkeit ändert sich nun natürlicher Weise auch die Auflösungskraft auf die fremdbartigen Substanzen, die sonst in dem Wässerigen vor der Gährung aufgelöst seyn konnten. Daher trübt sich die Flüssigkeit, und es sondern sich schleimige Theile, und, wie aus dem Moste, Weinstein ab. Je geringer die Menge des Zuckerstoffes in der gährenden Flüssigkeit ist, desto kleiner wird auch die Menge des Spiritudsen oder des Alcohols, und umgekehrt. Eine zu große Menge des Zuckerartigen Stoffes kann aber doch machen, daß der entstandene Wein süß bleibt und unzersehten Zuckerstoff behält, weil, wenn erst eine gewisse Menge Spiritudses erzeugt ist, die Gährung dadurch selbst gehemmt wird.

Essiggährung.

§. 1198. Wenn die vorhin beschriebene Gährung des Weines oder der weinartigen Getränke zu lange unterhalten oder der schon entstandene Wein in einer Wärme von 75 bis 85° F. unter dem Zugange der Luft erhalten wird, so geht abermals eine Mischungsveränderung vor, die seine vorige Natur ganz aufhebt und zerstört. Er verliert alle berauschende Kraft und wird offenbar sauer, oder zu Essig. Da:

her heißt diese zweite Mischungsveränderung die **Essiggährung** (§. 1186.).

§. 1199. Der Wein wird bey dieser Veränderung erst trübe, und fängt auch wohl wieder an, merklich zu brausen, wenn er noch unzersehten Zuckerstoff enthält. Er wird auf der Oberfläche nach und nach mit einer fahnigen Haut bedeckt, und eine gewisse Menge fadenartiger Materie trennt sich von ihm los, die sich nach und nach zu Boden setzt und eine Art Hefen bildet, die so genannte **Essigmutter**. Ein Hauptumstand hierbei ist nun, daß das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft, die hierbei über der Fläche des in Essiggährung begriffenen Weines steht, eingefogen wird. Die Flüssigkeit wird nach und nach wieder hell und klar, und ist nun sauer. Die Periode der Essiggährung dauert um desto länger, je kühler der Wein gehalten wird und je geringer der Zutritt der Luft ist.

§. 1200. Jedes gegohrne weinartige Getränk ist für sich selbst zur Essiggährung geschickt. Alle Säfte der Pflanzen, welche den Zuckerstoff in sich haben und also in Weingährung gehen können, werden daher zu Essig, nachdem sie die Weingährung überstanden haben; und diese geht auch in solchen Säften allemal vorher, ehe die eigentliche Essiggährung oder das Sauerwerden anhebt. Die Weingährung ist in derselben freylich um desto schneller vorübergehend, und um desto weniger bemerkbar, je geringer der Gehalt des Zuckerstoffes darin, oder je mehr

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 741

nicht, ist durch Wasser verdünnt ist, oder je mehr die Luft Zugang hat und die Temperatur erhöht ist.

§. 1201. Der Zuckerstoff ist zwar die eigentliche Grundlage der weinigten Gährung; aber zur Essiggährung sind auch andere Substanzen fähig, wie der reine Schleim, die Stärke, die wesentlichen sauern Pflanzensalze, die Gallerte, wenn sie bey der Verdünnung mit Wasser den Bedingungen zu dieser Gährung unterworfen werden. Die Essiggährung setzt also nicht immer die Weingährung voraus, und ist nicht überhaupt als eine Folge der letztern anzusehen.

§. 1202. Bey solchen Dingen, die nicht sehr zur Essiggährung geneigt sind, befördert man dieselbe durch Essigfermente. Dahin gehören alle Substanzen, die entweder schon selbst darin begriffen sind, oder sehr leicht darein gerathen, mit oder ohne vorhergehende Weingährung; z. B. Hefen von sauerem Urine, saurer Wein mit seinen Hefen selbst, Sauerteig, u. dergl.

§. 1203. Die Essiggährung des Weines besteht nicht in einem Verdunsten seines Alcohols, wie bey einer zu großen Einwirkung der Wärme darauf freylich wohl geschehen kann; sondern er geht selbst in Essig über, und hilft solcher Gestalt die Essigsäure vermehren.

§. 1204. Der Essig ist noch nicht reine Essigsäure, sondern jeder Essig enthält immer noch außerdem mehr oder weniger fremdbarrige Theile. Die Essigsäure

Essigsäure läßt sich, da sie flüchtig ist, durch Destillation des Essigs aus demselben darstellen. Dieser destillierte Essig (*Acetum vini destillatum*) ist erst als reine Essigsäure (*Acidum aceticum*) anzusehen. Er ist farblos, völlig klar und durchsichtig, angenehm säuerlich von Geruch und Geschmack.

§. 1205. Die Essigsäure ist im destillierten Essig durch sehr viele wässerige Theile verbunden, die man durch allerlei Mittel davon zu scheiden gesucht hat. Da die Essigsäure durch ihre Verbindung mit Alkalien, Erden und Metallsalzen mehr fixirt wird, und folglich nun zuläßt, daß das damit verbundene Wässerige durch Verbunsten davon geschieden werden kann, so giebt dies ein Mittel, die Essigsäure concentrirt darzustellen, wenn man sie davon durch Schwefelsäure austreibt.

Die concentrirte Essigsäure heißt auch radikaler Essig (*Acetum radicale*.)

§. 1206. Die sehr stark concentrirte Essigsäure ist in der Kälte krystallisirbar. Sie schießt schon bei 38° F. zu schönen, federartigen Krystallen an, die bei 59° F. flüssig werden und einen starken, höchst durchdringenden Essiggeruch in der Wärme zeigen. Diese Essigsäure ist nach dem Erwärmen entzündlich, und verbrennt mit leichter, bläulicher Flamme.

§. 1207. Die Grundlage der Essigsäure ist, wie die aller Pflanzensäuren, aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt, und die Essigsäure ist also als eine Modification anderer Pflanzensäuren anzusehen.

Schwere einfache Essig u. ihre Verbindungen. 743

sehen. Ihre Zusammensetzung läßt sich am besten dadurch darthun, daß man sie durch ein glühendes irdenes oder gläsernes Rohr treibt, woben sie Wasserstoffgas und kohlen-saures Gas liefert; was auch die daraus mit einem fixen Alkali bereiteten Neutralsalze bey ihrer trocknen Destillation thun.

§. 1208. Die Grundlage der Essigsäure unterscheidet sich nicht in der Qualität ihrer Grundstoffe vom Alcohol; beyde bestehen aus Kohlenstoff und Wasserstoff; und das Hauptgeschäfft der Essiggährung muß also darin bestehen, diese Grundstoffe noch mit Sauerstoff in Verbindung zu setzen und dadurch in eine Säure umzumandeln. Die Erfahrung lehrt, daß Sauerstoffgas zur Essiggährung Bedingung ist, und daß es dabey verschwindet oder zersezt wird, und daß folglich seine Basis eingesogen werde. Der Alcohol des Weines und der weinartigen Getränke nämlich saugt allmählig diesen Sauerstoff ein, und wird dadurch zur Essigsäure. Dazu trägt nun die Verbreitung des Alcohols unter vieles Wässerige des Weines und die Verbindung mit andern schleimigen und sauern Theilen bey. Denn reiner Alcohol wird an der Luft freylich nicht zu Essig; er wird es aber wirklich, wenn er mit vielem Wasser verdünnt in der Wärme nicht vom Zutritte der Luft ausgeschlossen ist. Auch läßt sich aus Alcohol und concentrirter Schwefelsäure Essigsäure künstlicher Weise erzeugen. Diefemnach ist also die Essigsäure aus dem Weine bey der Essiggährung nicht ausgeschleden, sondern erzeugt; und die letztere besteht nicht im Verdunsten des Alcohols, sondern
im

im Uebergange desselben in Säure. Es erklärt sich hieraus, warum der Essig um so besser werde, je geistiger der Wein war, woraus er entstand.

§. 1209. Gleichwohl macht der Alcohol nicht allein die Basis der Essiggährung aus; sondern andere im Weine befindliche Substanzen, wie Weinstein, Weinsteinsäure und Schleim, können ebenfalls hinein verwandelt werden, und werden es auch, indem sie Sauerstoff aus der Atmosphäre in sich nehmen, wodurch denn nun die Menge des Sauern im Essig noch mehr vermehrt wird. Eben deshalb kann auch Essiggährung Statt finden ohne vorhergehende Weingährung, weil Substanzen, die der erstern fähig sind, nicht zur letztern geschickt seyn können, wie Schleim und Pflanzensäuren. Die Natur bewirkt bey der Essiggährung durch Sauerstoffgas langsam und allmählig, was die Kunst schneller und gewaltsamer, aber auch mit mehrerm Verluste, durch Feuer, oder Schwefelsäure, oder Salpetersäure, ausrichtet, wenn sie jene Substanzen in Essigsäure umändert. Uebrigens müssen auch diese Stoffe, wenn sie Essiggährung erleiden sollen, durch genugsame Wasser verdünnt seyn.

Einige andere Arten der Gährung.

§. 1210. Wenn man unter Gährung jede natürliche und von selbst erfolgende Veränderung der Mischung organischer Körper versteht; so muß man behaupten: daß sie so wohl bey der Ernährung und dem

Schwere einfache Stoffe, ihre Verbindungen. 749

des Wachstums der Pflanzen als der thierischen Körper höchst mannigfaltig Statt findet, daß alle Absonderungen darin bestehen und darauf beruhen, und daß das ganze vegetabilische und animalische Leben im Grunde ein gährungsartiger Proceß sind. Wir überlassen dies indessen der Physiologie zur Untersuchung, und bleiben hier bey den Mischungsveränderungen der todtten physischen Substanz, zu denen wir dann freylich weder das Malzen des Getreides, noch das Reifen des Obstes rechnen können, weil hier die sich verändernde Substanz noch als lebend anzusehen ist.

§. 1211. Das Ranzigwerden der fetten Oehle und des thierischen Fettes ist aber als eine Art von Essiggährung anzusehen, weil dabey sich eine anfangende Säure bildet, und der Kohlenstoff und Wasserstoff des Oehls Sauerstoff aus der Luft in sich nehmen. Vorzüglich gehört aber die Gährung des Brodtteiges hierher.

Faulende Gährung.

§. 1212. Die letzte Periode der von selbst erfolgenden Mischungsveränderung organischer Substanzen heißt die faulende Gährung, oder Fäulnis (Fermentatio putrida, Putrefactio). Da indessen die Erscheinungen, die sich dabey zeigen, und die Producte, die sich dadurch bilden, nach Beschaffenheit der Mischung organischer Stoffe so wohl, als nach den zugelassenen Bedingungen so sehr verschieden sind:

so muß man in der That mehrere Arten der hierher gerechneten Mischungsveränderung unterscheiden; sonst löst sich von der Fäulniß nicht einmal eine befriedigende Definition geben, und auch keine Theorie entwerfen. Die Folge wird lehren, daß die Verwesung fester organischer Körper wirklich auch von der eigentlichen Fäulniß derselben ihren Ursachen, und Wirkungen nach verschieden ist.

§. 1213. Man kann die Fäulniß nicht als eine Fortsetzung der Weingährung und Essiggährung ansehen; denn nicht alle Substanzen, welche zu diesen fähig sind, erleiden jene. Nur bey solchen fäulnißfähigen Dingen, welche zugleich Bestandtheile enthalten, die zur Weingährung oder Essiggährung geschickt sind, erfolgt die Fäulniß nach diesen. Andere Stoffe gehen in Fäulniß, ohne alle Spur der erstern Arten der Mischungsveränderung.

§. 1214. 1) **Eigentliche Fäulniß**, oder diejenige Mischungsveränderung organischer Substanzen, wodurch sich Ammoniak und ein besonderes Effluvium von einem höchst widerwärtigen Geruche, den man den fauligen Geruch nennt, bildet, findet nur bey solchen Substanzen Statt, die neben dem Kohlenstoffe und Wasserstoffe noch Stickstoff und Phosphor enthalten. Dahin gehört: Eyweißstoff, Faserstoff, Gallerte, Knochenmaterie und alle die festen und flüssigen Theile thierischer Körper, die sie enthalten.

§. 1215. Die Bedingungen, unter welchen diese eigentliche Fäulniß Statt hat, sind: ein gehöriger Grad

Schwere einfache Stoffe. ihre Veränderungen. 747

Grad von Feuchtigkeits und Wärme, und Zutritt der Luft, nach deren Maaßgabe die Periode dieser Mischungsveränderung schneller oder langsamer erfolgt, oder früher oder später beendigt wird.

§. 1216. Die Stoffe, welche unter den genannten Bedingungen zu dieser Fäulniß fähig sind, erhalten zuerst einen faden oder dummlichen Geruch, der bald einem unangenehmen stinkenden Maf macht; der Geschmack wird ekelhaft und widrig; und wenn es feste Körper waren, so vermindert sich der Zusammenhang, der beim Fortgange dieser Periode immer mehr abnimmt, so wie der Geruch immer stinkender und widriger wird. Zu gleicher Zeit zeigt er sich auch urinds, und es entwickelt sich ganz offenbar Ammoniak. Die Materie wird breigartig, verliert ihr organisches Gewebe, wenn sie verglichen besaß, immer mehr und mehr; der Geruch ist nicht mehr mit dem nach Ammoniak vermischte, sondern höchst widerwärtig. Manchmal zeigt sich dabei in dem Rückstande auch ein Leuchten. Zuletzt bleibt, wenn nicht durch völliges Austrocknen dieser Fäulniß früher Grenzen gesetzt werden, ein geringer erdiger Rückstand, der nichts mehr von der organischen Structur an sich hat.

§. 1217. Das Ammoniak, welches sich hierbei entwickelt und den urindsen Geruch bildet, und das Effluvium, welches den eigentlich fauligen, höchst widerwärtigen, Geruch erzeugt, sind als die Producte dieser Fäulniß anzusehen. Jenes bildet sich aus dem Stickstoffe und dem Wasserstoffe des faulenden Stoffes; letzteres

chem! die darin aufgelösten auszugsartigen Theile in die eigentliche Fäulniß bis zu ihrer Vollendung gehen würden und wirklich gehen, öfters gewechselt, so hört endlich die Fäulniß der rückständigen Substanz auf, und diese zeigt nun die Natur eines Jettes, oder ist zu einer wallrathähnlichen Materie geworden. Herr Gibbes hat hierüber mehrere Versuche mit dem Fleische von Thieren angestellt.

Ueber die Verwandlung des Fleisches in eine dem Wallrath sehr ähnliche Substanz, von Geo. Smith Gibbes; in *Trans. newem Journ. der Phys.* B. I. S. 126. ff. Ueber die Verwandlung thierischer Substanzen in eine fettige, dem Wallrath ähnliche, Materie, von Wendemann; ebendaf. B. III. S. 436. ff.

§. 1222. Es wird hierbey also der Stickstoff und Phosphor der faulenden Substanz geschieden, nebst etwas Wasserstoff und Kohlenstoff; aber der größte Theil der letztern beyden bleibt zurück und bildet die fettige Substanz, die auch noch die organische Structur derjenigen zeigt, aus der sie entsprang. Diese Art der Fäulniß ist also von der vorigen zu unterscheiden, wenn gleich beyde im Anfange mit einander übereinzukommen scheinen. Da man durch Maceriren des Fleisches in schwacher Salpetersäure eine ähnliche fettige Substanz daraus erzeugen kann, so scheint die eben angeführte Mischungsveränderung dadurch noch mehr bestätigt zu werden. Uebrigens ist das Wasser hierbey nicht wesentlich nöthwendig, als in so fern es die respirable Luft ausschließt; und so hat man auch bey eingescharrten Leichnamen jene Veränderung ihrer weichen Theile in eine wallrathähnliche Materie wahrgenommen, wo die Umstände und der Mangel

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 745

(Antiseptica) wirken auch nur auf diese Art, nicht durch eine eigene antiseptische Kraft, die eine vis occulta wäre. Zu den Mitteln, die Fäulniß abzuhalten, gehören: das Austrocknen, der Frost, das Ueberziehen mit Harzen, Balsam, Wachs, Oehl, und dergl., das Aufbewahren in Weingeist, das Einsalzen und Räuchern, deren Wirkung sich leicht erklären läßt.

John Pringle's same experiments on substances resisting putrefaction; in den *philos. transact.* n. 494. 496. Einige Versuche mit Materien, welche der Fäulniß widerstehen, von J. Pringle; im neuen hamb. Magaz. B. X. S. 300 ff. *Experimental Essays by Dav. Macbride.* Lond. 1764. 8. Dav. Macbride durch Erfahrungen erläuterte Versuche über verschiedene Vornürfe, a. d. Engl. von Conr. Kuhn. Zürich 1766. 8.

§. 1221. 2) Wenn die vorhin (§. 1214.) genannten Substanzen, die der eigentlichen Fäulniß fähig sind, unter Wasser, also vom Zugange der Luft ausgeschlossen, liegen, so fangen die Erscheinungen der Fäulniß (§. 1216.) auch ebenfals an, aber sie endigen sich anders. Es entwickeln sich Gasarten, die, wenn sie in Höhlungen und im Zellgewebe eingeschlossen bleiben, den Körper, wie z. B. Leichname, anschwellen, so daß er specifisch leichter als Wasser werden und darin zum Schwimmen gebracht werden kann, bis nach Zerstörung und allmäliger Auflösung desselben an der Luft das eingeschlossene Gas einen Ausweg findet, und der Leichnam dann sinkt, ohne wieder empor zu kommen. Die Gasarten, die sich hierbei entwickeln, sind: Stickgas, und nachher kohlenstoffhaltiges und phosphorhaltiges Wasserstoffgas, nebst Ammoniak. Wird nun das Wasser, in welchem

chemi die darin aufgelösten auszugsartigen Theile in die eigentliche Gährung bis zu ihrer Vollendung gehen würden und wirklich gehen, öfters gewechselt, so hört endlich die Gährung der rückständigen Substanz auf, und diese zeigt nun die Natur eines Fettes, oder ist zu einer wallrathähnlichen Materie geworden. Herr Gibbes hat hierüber mehrere Versuche mit dem Fleische von Thieren angestellt.

Ueber die Verwandlung des Fleisches in eine dem Wallrath sehr ähnliche Substanz, von Geo. Smith Gibbes; in Grews neuem Journ. der Phys. B. I. S. 126. ff. Ueber die Verwandlung thierischer Substanzen in eine fettige, dem Wallrath ähnliche, Materie, von Ebendenselben; ebendaf. B. III. S. 436. ff.

§. 1222. Es wird hierbey also der Stickstoff und Phosphor der faulenden Substanz geschieden, nebst etwas Wasserstoff und Kohlenstoff; aber der größte Antheil der letztern beyden bleibt zurück und bildet die fettige Substanz, die auch noch die organische Structur derjenigen zeigt, aus der sie entsprang. Diese Art der Gährung ist also von der vorigen zu unterscheiden, wenn gleich beyde im Anfange mit einander übereinkommen scheinen. Da man durch Maceriren des Fleisches in schwacher Salpetersäure eine ähnliche fettige Substanz daraus erzeugen kann, so scheint die eben angeführte Mischungsveränderung dadurch noch mehr bestätigt zu werden. Uebrigens ist das Wasser hierbey nicht wesentlich nöthwendig, als in so fern es die respirable Luft ausschließt; und so hat man auch bey eingescharrten Leichnamen jene Veränderung ihrer weichen Theile in eine wallrathähnliche Materie wahrgenommen, wo die Umstände und der Mangel

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 751

Mangel mit eingeschlossener atmosphärischer Luft die-
selbe verstärken.

*Mémoire sur les differens états des cadavres trouvés dans
les fouilles du Cimetière des Innocens en 1786 et 1787,
par M. de Fourcroy; in den Annales de chimie. T. V.
S. 154. ff. Deuxième Mémoire; ibidem. T. VIII.
S. 17. ff.*

§. 1223. 3) Pflanzentörper, welche Schwefel-
stoff und Kleber enthalten, können deshalb ähnliche
Erscheinungen, als die oben (§. 1214.) erwähnten
thierischen Stoffe in ihrer Fäulniß, geben. Der
Schleim, der Zuckerkoff, die wesentlichen sauren
Salze, der starkeartige Theil der Pflanzentörper, ord-
nern indessen das Phänomen ihrer Fäulniß gar sehr
ab, da dieselben selbst der vorhin erwähnten eigentli-
chen Fäulniß nicht fähig sind. Die Producte, die
sich hierbei bilden, sind von denen der letztern wesent-
lich verschieden, wenn die Pflanzentörper keinen nähern
Bestandtheil enthalten, worin Stickstoff und Phos-
phor sind. Es erzeugt sich dann nicht der höchst wi-
derwärtige Geruch der Fäulniß thierischer Dinge, und
kein Ammoniak; das brennbare Gas, das sich dabei
entwickelt, hat zwar einen unangenehmen Geruch,
der aber vom fauligen (§. 1216.) verschieden ist;
es ist kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, wie die
Sumpfluft beweiset. Uebrigens sind zu der Fäulung
der Pflanzenstoffe dieselben Bedingungen nöthig, als
bei thierischen Körpern (§. 1215.).

*Aless. Volta lettera al P. G. Campi sull' aria insensibile
nativa della paludi. Como 1776. 8. Brief über die
natürlich entstehende Sumpfluft, von Hrn. Alex. Volta,
a. d. Ital. Winterthur 1778. 8.*

§. 1224. 4) Das ~~Schimmels~~ vegetabilische Stoffe muß als eine eigene Art von Fäulniß derselben unterschieden werden. Dazu sind besonders der Schleim, der Extractivstoff der Pflanzen, der stärkere Theil, und die süßen und sauren Salze derselben geeignet, wenn sie im Wasser aufgelöst oder damit verdünnt dem Einfluß der respirablen Luft ausgesetzt werden. Es verliert der im Wasser aufgelöste Schleim hierbei seine Auflöslichkeit, und verwandelt sich in eine Art von Haut, die nicht mehr im Wasser auflösbar ist. Wir ist es wahrscheinlich, daß der Sauerstoff der Luft an dieser Erscheinung vorzüglich Antheil habe und durch seinen Contact zum Kohlen- und Wasserstoffe diese neue Materie bilden helfe.

§. 1225. 5) Endlich ist die Verwesung noch von der eigentlichen Fäulniß so wohl thierischer als vegetabilischer Körper wohl zu unterscheiden, was man bisher nicht gehörig gethan hat. Sie erfolgt, wenn die zur Fäulniß notwendigen Bedingungen, Feuchtigkeit, Wärme und Luft, nur in geringem Grade zugelassen werden; und die Erscheinungen so wohl, die sich dabei zeigen, als die Producte, die sich bilden, sind wesentlich von denen der wahren Fäulniß verschieden. Die Mischungsveränderung erfolgt Zeit unmerklicher und langsamer. Dies ist z. B. der Fall bey Leichnamen, die in die Erde gescharrt sind; bey feuchten Pflanzen, die in großen Massen zusammengedrückt liegen, oder auch in die Erde gescharrt werden. Wenn hierbei viel atmosphärische Luft mit eingeschlossen ist, wie bey Leichnamen in Särgen, oder
noch

Schwere einfache Stoffe u. ihre Verbindungen. 753

noch viel Feuchtigkeit da ist, so kann anfänglich die Periode der wahren Fäulniß eintreten, bis endlich diese wegen vermindelter rückständiger Feuchtigkeit und mangelnden Sauerstoffgas aufhört, und die bloße Verwesung Statt hat. Feuchtigkeit und Luft, besonders die erstere, dürfen indessen auch bey der Verwesung, wenn sie vor sich gehen soll, nicht ganz mangeln, und die Temperatur der Substanz selbst darf nicht unter den Gefrierpunct gehen.

§. 1226. Bey dieser Verwesung treten wegen veränderter Ursachen auch andere Wirkungen ein, als bey der eigentlichen Fäulniß. Die Grundstoffe der darin begriffenen Körper verbinden sich in andern Verhältnissen, als unter mehr verstattetem Einflusse von Wasser, Wärme und Luft, woben Fäulniß, gewisser Maßen mit Ungestüm, eintreten würde. Der Stickstoff, der bey der Fäulniß mit dem Wasserstoffe zusammen das Ammoniak bildet, tritt bey der Verwesung mit dem Sauerstoffe zur Salpetersäure zusammen, die als das Hauptproduct der Verwesung, besonders thierischer Stoffe, anzusehen ist, und bey der eigentlichen Fäulniß derselben (§. 1214.) sich nicht erzeugt. Diese Salpetersäure muß sich aber bey der überhaupt nur allmählig fortschreitenden Verwesung auch allmählig, und eben deshalb unmerklich, wieder zerstreuen und verflüchtigen, wenn sie nicht eine Basis antrifft, durch die sie fixirt und bis zur Wahrnehmung angehäuft werden kann, und so manchmal als Mauersalpeter oder erdiger Salpeter in zarten Flocken ausschlägt. Ich will zwar nicht in Abrede

seyn, daß der Sauerstoff der zugleich mit einwirkenden atmosphärischen Luft zur Bildung dieser Salpetersäure beitragen könne; hauptsächlich aber scheint mir doch der Sauerstoff der verwesenden Substanz und ihrer Feuchtigkeit selbst dazu beizutragen. — Ein Antheil des Wasserstoffes und der Phosphor werden zwar ebenfalls bey der Verwesung in Gasgestalt geschieden, aber auch nur allmählig; und es ist daher zwar ein moderiger, aber doch kein eigentlich fauliger Geruch der verwesenden Substanzen wahrzunehmen, obgleich übrigens die leuchtenden Erscheinungen der Luft in Gegenden, wo Verwesung häufig Statt findet, davon herzuleiten seyn möchten.

§. 1227. Ein großer Antheil des Wasserstoffes, und derjenige Kohlenstoff, der nicht als kohlensaures Gas mit dem Sauerstoffe austreten konnte, bleibt bey der Verwesung mit andern feuerbeständigen Grundstoffen verbunden zurück, und bildet nun das zweyte Hauptproduct dieser eigenthümlichen Mischungsänderung, nämlich die **Dammerde** (*Humus*).

§. 1228. Diese Dammerde ist keinesweges als eine eigenthümliche Erde, wie man sonst wohl glaubte, sondern als wasserstoffhaltiger Kohlenstoff anzusehen, der frenlich noch mit mehr oder weniger andern erdigen und salzigen Theilen verbunden seyn kann, nach Beschaffenheit der Mischung und Vermengung der verwesenden Substanz. Eben dieses Wasser- und Kohlenstoffes wegen, den sie enthält, macht sie einen Nahrungstoff der darin wachsenden Pflanzen aus,
und

§. 1230. Diese Wirkungen einer noch nicht recht bekannten Ursach nennt man *electrische Erscheinungen* (*Phaenomena electrica*), und den Zustand der Körper, worin sich diese Erscheinungen zeigen, *Electricität* (*Electricitas*), womit man aber auch manchmal die Ursach selbst, die wir unterdessen *electrische Materie* oder *electrisches Fluidum* nennen wollen, bezeichnet. *Electrisirt* heißt ein Körper, der in den Zustand gebracht worden ist, daß er die angeführten Erscheinungen zeigt; *electrisch* aber dergestalt, welcher dieses Zustandes fähig ist.

§. 1231. Wenn man den hinlänglich *electrisirten* Glaszylinder oder die Siegellackstange einem starken metallenen, gehörig abgerundeten und ohne starke Spitzen und Ränder schenden Drahte, der an seidenen Schnüren aufgehängt ist oder auf gläsernen Säulen ruhet, nähert, so bricht auch ein Funken hervor, wenn beyde nahe genug kommen, und der Metalldraht zeigt nun *electrische Erscheinungen*, oder ist *electrisirt*. Eben so wird auch der Metalldraht *electrisirt*, wenn er sonst in unmittelbarer Berührung mit den geriebenen Glasrdhre, und den geriebenen Stellen nahe genug ist.

§. 1232. Nimmt man statt des Metalldraths dazu eine andere Glasrdhre, eine Siegellackstange, oder ein seidenes Band, so erfolgt kein Funken bey der Annäherung, und diese werden nicht *electrisirt*; so wird aber auch der Metalldraht nicht zur *Electricität* gebracht, wenn er mit den geriebenen Stellen
der

Viertes Hauptstück. Electrische Materie.

Einige vorläufige Thatsachen und Bemerkungen.

§. 1229.

Wenn man eine trockene Glasröhre, oder ein Stück Stangenschwefel, oder Bernstein, oder eine Stange Siegelack mit einem Stücke trockenen Flanell reibt, so findet man, daß leichte und kleine Stückchen Papier, Eisenfeil, Goldblättchen, kleine Korfkügelchen, u. dergl., von diesen geriebenen Körpern erst angezogen, hernach aber wieder zurückgestoßen werden. Ist die Glasröhre von hinlänglicher Größe, und lange und stark genug gerieben worden, z. B. dadurch, daß sie durch eine Maschine schnell zum Umdrehen gebracht wird und sich dabei an einem ledernen Rücken reiben muß; so macht sie, wenn man das Gesicht etwas nahe daran hält, die Empfindung, als wenn Spinnweben übers Gesicht gezogen würden. Man spürt einen süßlichen Geruch, fast wie nach Harnphosphorus; und nähert man ihr den Knöchel eines Fingers, so bricht ein leuchtender Funke mit einem Geräusche hervor, der zu gleicher Zeit in dem Finger ein Stechen verursacht.

§. 1230.

§. 1230. Diese Wirkungen einer noch nicht recht bekannten Ursach nennt man *electrische Erscheinungen* (*Phaenomena electrica*), und den Zustand der Körper, worin sich diese Erscheinungen zeigen, *Electricität* (*Electricitas*), womit man aber auch manchmal die Ursach selbst, die wir unterdessen *electrische Materie* oder *electrisches Fluidum* nennen wollen, bezeichnet. *Electrisirt* heißt ein Körper, der in den Zustand gebracht worden ist, daß er die angeführten Erscheinungen zeigt; *electrisch* aber derjenige, welcher dieses Zustandes fähig ist.

§. 1231. Wenn man den hinlänglich *electrisirten* Glaszylinder oder die Siegellackstange einem starken metallenen, gehörig abgerundeten und ohne starke Spitzen und Ränder schenden Drahte, der an seidenen Schnüren aufgehängt ist oder auf gläsernen Füßen ruhet, nähert, so bricht auch ein Funken hervor, wenn beyde nahe genug kommen, und der Metalldraht zeigt nun *electrische Erscheinungen*, oder ist *electrisirt*. Eben so wird auch der Metalldraht *electrisirt*, wenn er sonst in unmittelbarer Berührung mit der geriebenen Glasröhre, und den geriebenen Stellen nahe genug ist.

§. 1232. Nimmt man statt des Metalldraths dazu eine andere Glasröhre, eine Siegellackstange, oder ein seidenes Band, so erfolgt kein Funken bey der Annäherung, und diese werden nicht *electrisirt*; so wird aber auch der Metalldraht nicht zur *Electricität* gebracht, wenn er mit den geriebenen Stellen
der

der Glasröhre durch eine hinlänglich lange seidene Schnur verbunden ist.

§. 1233. Gerner zeigt auch der Metallbrath nach dem Ausbruche des Funkens von der geriebenen electrificirten Glasröhre keine Electricität, wenn denselben eine Person in der Hand hält, die auf der Erde steht, oder wenn er sonst mit der Erde in Berührung ist, oder in einer Mauer steckt.

§. 1234. Wenn eine metallene Röhre auf eine ähnliche Art, wie eine Glasröhre (§. 1229.) gerieben wird, während daß man sie in der andern Hand hält, so giebt sie keine Spur von den electrischen Erscheinungen.

§. 1235. Diese Erfahrungen (§. 1231 — 1234) führen auf die Schlussfolge: daß das Metall, die Erde, der Mensch die electrische Materie, von welcher die electrischen Erscheinungen abhängen, leiten, oder sogleich auf ihrer Oberfläche oder durch ihre Substanzen weiter verbreiten; die Seide, das Glas, das Siegellack aber dieselbe nicht leiten, oder nicht fortführen, oder nicht durch sich sogleich durchlassen.

§. 1236. Man hat hiernach alle bekannte Körper in Leiter (Conductores) und Nichtleiter (non conductores) eingetheilt. Und weil die erstern durchs Reiben nach der gewöhnlichen Art nicht electrificirt werden können, sondern wegen ihrer Leitung die durchs Reiben erregte Electricität sogleich abführen, so hat man sie auch unelectrische (Corpora anelectrica),
die

Die letztern aber, welche durchs Reiben stark und merklich electrifirt werden, eigentlich: electrische, an sich electrische Körper (Corpora electrica) genannt.

§. 1237. Allein diese Eintheilung in electrische und unelectrische Körper ist nicht ganz genau und richtig; denn es können allerdings auch Metalle für sich durch Reiben electrifirt werden, wenn man nur die Ableitung der erregten Electricität verhütet. Es laufen auch die Grenzen der so genannten electrischen und unelectrischen Körper so in einander, daß wir weder einen vollkommen electrischen Körper; der die electrische Materie gar nicht durch seine Substanz verbreitete, noch einen vollkommenen Leiter, in welchem die Electricität auf keine Art erregt werden könnte, kennen: Jeder electrische Körper ist vielmehr ein mehr oder weniger unvollständiger Leiter, und jeder Leiter ein mehr oder weniger unvollständiger electrischer Körper. Viele electrische Körper werden unter gewissen, oft zufälligen, Umständen zu Leitern; und manche Körper sind eben so unvollständige Leiter als Nichtleiter. Man nennt diese Halbleiter, z. B. trockene Marmorplatten, trockenes, nicht gewärmtes Holz.

§. 1238. Um indessen doch diejenigen Körper, in welchen, wie z. B. in dem Glase, die Electricität leicht und merklich durch Reiben an andern schicklichen Körpern erregt werden kann, und welche die erregte Electricität nicht sogleich fortführet und, es sey durch ihre Substanz oder auf ihrer Oberfläche, nur mit Schwierigkeit verbreiten, von den andern zu unterscheiden:

terscheiden, in denen das Gegentheil geschieht; so mögen die Benennungen der Nichtleiter für die ersten, und der Leiter für die letztern dienen, und wir werden dieselben auch in diesem Sinne brauchen.

§. 1239. Zu diesen Nichtleitern, oder elektrischen Körpern, gehören besonders: das Glas und die meisten Verglasungen, Bergkristall, alle Edelsteine, der Turmalin, russisches Glas; alle Harze, besonders Copal, Colophonium, Pech, Gummilack; Federharz; die Erdharze: Bernstein, Asphalt, Steinkohlen; der Schwefel; Wachs; die Seide; trockene Baumwolle; Federn; Wolle; Haare; trockenes Elfenbein; die fetten und ätherischen Oehle; gedörrtes und sehr trockenes Holz; die vollkommenen Metalle; und endlich die Luft, wenn sie nicht feucht ist.

§. 1240. Zu den Leitern müssen besonders gerechnet werden: alle regulinische Metalle; das Wasser, der Nebel; der Rauch; alle wässerige Säfte der Pflanzen und Thiere und ihre weichen Theile; thierische und vegetabilische Kohlen; alle Salzausflüssungen; Weingeist; Naphtha; feuchtes Holz; feuchte Luft; und vorzüglich unsere Erde. Glühendes Glas ist ebenfalls ein Leiter, so wie auch geschmolzenes Harz, heiße Luft, sehr erhitztes gedörrtes Holz, da diese Körper sonst unter andern Umständen Nichtleiter sind. Auch die Feuerflamme ist ein Leiter.

§. 1241. Um die Nichtleiter zu electrificiren, d. h., sie in den Zustand zu versetzen, daß sie die electrischen Erscheinungen zeigen, dient vorzüglich das Reiben mit

mit verschiedenen Materien, von denen wir gleich reden werden; und da sich die electrische Materie auf diesen Nichtleitern nicht sogleich vertheilt, wie auf den Leitern, so zeigen sie jetzt Electricität. Sie heißen daher auch ursprünglich: electrische Körper (*Corpora idioelectrica*).

§. 1242. Wenn man aber einen Leiter durch andere Nichtleiter von andern leitenden Materien absondert, oder, wie man sagt, isolirt, z. B. dadurch, daß man ihn an seidenen Schnüren aufhängt, oder auf Glas, oder auf Harz u. dergl. stützt, (wie in dem Versuche §. 1231.), und dann so dem hinlänglich electrifirten Nichtleiter nähert oder damit in Berührung bringt, so wird er dadurch ebenfalls electrifirt. Man sagt in diesem Falle, die Electricität des Nichtleiters gehe an den Leiter über, oder theile sich ihm mit; man nennt diese Electricität des Leiters eine mitgetheilte (*Electricitas communicata, derivativa*), und unterscheidet sie von jener ursprünglichen der Nichtleiter (*El. originaria*). Die Leiter heißen deswegen auch *sympetielectrische Körper*.

§. 1243. Da die Nichtleiter die mitgetheilte Electricität des mit ihnen verbundenen, oder durch sie isolirten, Leiters nicht sogleich abführen, so zeigt er jetzt die electrischen Erscheinungen. Da die trockene Luft ein Nichtleiter ist, so kann der zu electrificirende Leiter darin isolirt werden; und wir würden, wenn sie es nicht wäre, gar keine mitgetheilte Electricität darin hervorbringen, überhaupt nichts von Electricität wissen.

wissen. Feuchte und erwärmte Luft aber leitet, und daher gehen bey feuchtem Wetter die electricſchen Verſuche nicht ſo gut von Statten, als bey trockenem; und in Zimmern, worin viele Perſonen ſind, ſchlecht oder gar nicht. Ueberhaupt iſt die atmosphäriſche Luft, weil ſie nie von leitenden Stoffen frey iſt, ein ziemlich unvollkommener Leiter.

§. 1244. Wenn man einen iſolirten electricirten Leiter mit einem andern, nicht-iſolirten, Leiter berührt, ſo verliert jener ſeine Electricität ganz und auf einmal; ein urſprünglich-iſolirter Nichtleiter verliert ſeine Electricität nur durch wiederholtes Berühren; und der allmälige Verluſt ſeiner Electricität trifft jedesmal nur die berührte Stelle.

§. 1245. Ein Nichtleiter entzieht dem iſolirten electricirten Leiter wenig oder nichts; und um ihn durch Mittheilung zu electriciren, muß man ihn an mehreren Stellen berühren, und doch nimmt er die Electricität nur mit Schwierigkeit an.

§. 1246. Die Quantität der mitgetheilten Electricität unter iſolirte Leiter von einerley Materie richtet ſich der Erfahrung zuſolge nicht nach ihren Maſſen, ſondern nach ihren Oberflächen und der Ausdehnung in die Länge.

G. C. Bohnenbergers Beyträge zur theoretiſchen und practiſchen Electricitätslehre. St. II. Stuttg. 1793. 8. S. 46. ff.

§. 1247. Das electricſche Fluidum, das einem leitenden Körper mitgetheilt wird, wird lediglich nur
auf

auf der Oberfläche desselben verbreitet, ohne in sein Inneres einzudringen.

Coulomb's Abhandl. über die Electricität; im neuen Journal der Physik, B. III. S. 58.

§. 1248. In Ansehung der Quantität des electrischen Fluidums, welche Leiter von verschiedener Art aufzunehmen fähig sind, hat Herr Coulomb das merkwürdige Gesetz entdeckt: daß die Vertheilung des electrischen Fluidums unter Leiter von verschiedener Art, und übrigens gleicher und ähnlicher Gestalt, ganz einerley ist, die Natur dieser Körper mag seyn, wie sie will. So z. B. tritt eine isolirte kupferne Kugel genau die Hälfte ihrer Electricität an eine isolirte Kugel von Hollundermark ab, wenn diese von gleichem Durchmesser ist.

Coulomb a. a. O. S. 57. ff.

§. 1249. Durch die Mittheilung werden die isolirten Leiter electrifirt, nicht nur wenn sie mit electrifirten Körpern in unmittelbarer Berührung sind, sondern auch dann, wenn sie ihnen auf eine gewisse Weite genähert werden. Ist das genäherte Ende des Leiters stumpf, oder abgerundet, so entsteht ein Funken, wenn er dem electrifirten Körper nahe genug kommt, der nach der verschiedenen Stärke der Electricität mit einem größern oder geringern Geräusche oder Knalle sichtbar hervorbricht. Die Weite, in welcher dies geschieht, heißt die Schlagweite, und sie ist, alles Uebrige gleich gesetzt, desto größer, je stärker die Electricität des electrifirten Körpers ist. Wenn der electrifirte Körper ein Nichtleiter ist, so ist der Funken

Funken nur schwach, und die Schlagweite nicht so groß, als bey einem electrifirten, isolirten Leiter. Ist in diesem Falle der Leiter, mit welchem man den Funken herauslockt, isolirt, so vertheilt sich die Electricität nach Maaßgabe der Oberfläche der Leiter; ist er aber nicht isolirt, so zeigen beyde nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität weiter.

§. 1250. Wenn das genäherte Ende des Leiters zugespitzt ist, so geschieht der Uebergang der Electricität durch ein Ueberströmen, das bey schwachen Electricitäten wenigstens im Dunkeln entweder in Gestalt eines Lichtpunctes oder eines Feuerbüschels erscheint. Die Weite, in welcher hier der Uebergang der Electricität geschieht, ist weit beträchtlicher, als bey der Mittheilung durch Funken, und kann sich bey starken Electricitäten auf eine sehr beträchtliche Weite erstrecken. Bey nicht zu schwachen Electricitäten ist dieses Ueberströmen durch Spitzen mit einem merklichen Geräusche begleitet.

§. 1251. Eben so leicht, als die electrische Materie in Leiter durch Spitzen derselben überströmt, so leicht strömt sie durch dieselben auch wieder aus den isolirten Leitern aus; und ein electrifirter isolirter Leiter, der mit Spitzen versehen ist, verliert seine Electricität sehr bald, und viel früher, als ein abgerundeter.

* §. 1252. Bey dem Ausströmen der Electricität aus den Spitzen eines isolirten Leiters nimmt man auch zugleich durchs Gefühl eine Bewegung wahr, wie ein Blasen, das aber allezeit von der Spitze ausgeht.

§. 1253.

§. 1253. So verhindert auch eine leitende unisolierte Spitze, die man in der Nähe eines isolirten Leiters hält, die Anhäufung der dem letztern zugeführten Electricität, und führt diese schnell und stark ab.

§. 1254. Wenn man einen isolirten Leiter electricisirt, so wird die Electricität sich darauf verbreiten, bis sie das Maximum ihrer Elasticität oder Dichtigkeit, oder Intensität erhalten hat, das der Leiter vermöge seiner Capacität erhalten kann. Was nun dem Leiter noch weiter von electricischer Materie zugeführt wird, theilt sich nach und nach der ihn umgebenden Luft mit. Die Luft ist zwar ein Nichtleiter (§. 1239.), aber ein ziemlich unvollkommener. Die umgebende Luft wird also auch nach und nach electricisirt, obgleich um desto langsamer, je trockener sie ist, oder je weniger sie leitet. Dies ist es aber nicht, was man mit Franklin electriche Atmosphäre nennt, und was Aepinus und Wilke mit dem Nahmen der electricchen Wirkungskreise bezeichnen. Diese sind der Raum um den electricisirten Körper herum, in welchem sich das electriche Anziehen und Abstoßen äußert.

Bohnenbergers Beiträge zur theor. und pract. Electricitätsk. S. 1. Stuttg. 1793. S. 82. ff. St. II. S. 135. ff.

Die electricchen Atmosphären entstehen auf andere Art, als durch Mittheilung, nämlich durch Vertheilung der natürlichen electricchen Materie der Luft, wovon erst in der Folge das Weitere vorkommen wird.

§. 1255. Wäre die Luft ein vollkommener Nichtleiter, und wären es auch die andern Substanzen, die man zum Isoliren braucht, so würde ein electricisirter

ter isolirter Leiter sein Maximum der Electricität ungeschwäche erhalten. Da jenes aber nicht ist, so verliert er seine Electricität allmählig. Herr Coulomb hat durch seine Versuche gefunden, daß, wenn der Zustand der Luft derselbige bleibt, das Verhältniß der durch sie verloren gehenden Electricität eines Leiters zur mittlern Intensität eine beständige Größe bleibt. Er hat ferner in Beziehung auf die Verbreitung der Electricität über die isolirenden Substanzen entdeckt, daß zur vollkommnern Isolirung des Leiters die Längen der isolirten Träger sich wie die Quadrate der Intensität der Electricität des Leiters verhalten müssen.

Coulomb a. a. O. S. 33. ff. S. 37.

Die Electrirmaschine.

§. 1256. Jetzt können wir nun von den bisher angeführten Thatsachen Gebrauch machen, um daraus die Erfordernisse und Einrichtung der Electrirmaschinen zu beurtheilen. Die wesentlichen Theile derselben sind: 1) der electriche Körper, der Reiber, aus einer nicht leitenden Materie, der durch eine bequeme Vorrichtung zu einer schnellen Bewegung gebracht, und vermittelst dessen durchs Reiben die Electricität leicht erregt wird; 2) das Reibzeug selbst; und 3) der isolirte Leiter, den man auch wohl den Hauptleiter, den ersten Leiter, oder schlechtweg den Conductor nennt, und dem die durchs Reiben entwikelte Electricität zugeführt wird. Er ist deswegen nöthig, daß man aus ihm starke Funken oder starke Ueber-

Uebergänge der Electricität erhalte, weil diese aus dem geriebenen Nichtleiter nur allemal schwach sind (§. 1249.).

§. 1257. Da es mancherley Nichtleiter giebt, die zur Erregung der Electricität geschikt sind (§. 1239.), so hat man auch mehrere davon zu den Reibern der Electrirmaschinen vorgeschlagen und angewendet. Nach der Verschiedenheit dieser electrischen Körper hat man daher **Glasmaschinen**, **Zeugmaschinen**, von wollenem Zeuge, gefirnißtem Taffent, **Satzmaschinen**, u. a. Das ist aber wohl ausgemacht, daß die **Glasmaschinen** in Ansehung der Bequemlichkeit und Wirksamkeit vor allen andern den Vorzug verdienen. Grünes und hartes Glas hat Vorzüge vor weißem und weichem Glase. In Ansehung der Form, in welcher man das Glas als Reiber anwendet, hat man **Kugelmaschinen**, **Sphäroidmaschinen**, **Cylindermaschinen** und **Scheibenmaschinen**. Die erstern beyden Arten sind jetzt mit Recht obsolet geworden, da man dem Reibzeuge die dazu nöthige Krümmung nicht gehörig geben kann; und man ist bey den beyden letztern Arten, als den vortheilhaftesten und bequemsten, stehen geblieben. Wenn man die Zerbrechlichkeit der **Glascheiben**, die Unbequemlichkeit bey der Behandlung ihrer Reibzeuge, die Unvollkommenheit der Isolirung der Reibzeuge dabey, und ihren höhern Preis bedenkt; so kann man wohl nicht anstehen, den **Glaszylindern** den Vorzug vor den **Scheiben** einzuräumen.

Ich kann mich hier nicht in eine Beschreibung des Details der Einrichtung der verschiedenen Electrirmaschinen und des dazu gehörigen Apparates einlassen, sondern ich verweise in dieser Hinsicht auf folgende Schriften:

Vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Electricität, nebst eigenen Versuchen von Tiberius Cavallo, aus dem Engl., 3te Auflage. Leipzig 1785. 8.

John Cuthbertsons Abhandlung von der Electricität, nebst einer genauen Beschreibung der dahin gehörigen Werkzeuge und Versuche, aus dem Holländ. Leipz. 1786. 8. Dritte Fortsetzung, ebend. 1796. 8.

Versuch über die Electricität, worin Theorie und Ausübung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert wird, von Geo. Adams, aus dem Engl. Leipz. 1785. 8.

G. C. Bohnenbergers Beschreibung einiger Electrirmaschinen und electrischer Versuche. Stuttg. 1783. 8. I—VI. Fortsetzung, ebend. 1791. 8.

Beschreibung einer ungemein großen Electrirmaschine, und der damit im Leylerschen Museum zu Harlem angestellten Versuche durch Martinus van Marum, aus dem Holländ. Leipz. 1786. 4. Erste Fortsetzung, a. dem Holl. Leipz. 1788. 4. Die zweite erschienene holländische und französische Fortsetzung: Seconde Continuation des Experiences faites par le moyen de la Machine electrique Teylerienne, par Mart. van Marum, à Harlem 1795. 4., ist noch nicht ins Deutsche übersetzt.

Beschreibung einer neuen einfachen und vortheilhaften Electrirmaschine, vom Hrn. van Marum; in Grens Journ. der Physik, B. IV. S. 3. ff.

Beschreibung einer sehr vortheilhaft eingerichteten Electrirmaschine, von Reiser; in Voigts Magazin für das Neueste aus der Physik, B. VII. St. 3. S. 73. ff. Weitere Beschreibung derselben von M. J. Wild; ebend. St. 4. S. 77. ff.

Versuche und Beobachtungen über die Electricität, von Hrn. Will. Nicholson; in Grens Journ. der Physik, B. III. S. 49. ff.

Beschreibung einer neuen sehr wirksamen Electrirmaschine, von L. C. Lichtenberg; im Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. I. St. 1. S. 83. ff.

Beschreibung einer neuen Electrirmaschine, von Herrn G. W. Munde; im Journ. der Physik, B. VII. S. 319. ff.

Beschreibung einer sehr wirksamen Electrirmaschine, von Geo. Heint. Seiferteld. Nürnberg 1787. 8.

§. 1258. Damit, die in dem Glas Cylinder, der Electriſirmmaſchine eingeſchloſſene Luft durch ihre Ausdehnung beim Warmwerden des Cylinders nicht zum Verſpringen beſſen, Gelegenheit gebe, iſt es nöthig, durch ein Loch in einer der Wänden, ſeiner Höhe den freien Aus- und Einſturt der Luft zu verſtatten. Die innere Seite des Cylinders überzieht man auch vortheilhaft, zur Verhütung des Abſinkens der Feuchtigkeits an die innere Glasfläche, mit einem harzigen Ueberzuge. Die iſernen Achſe muß nicht durch den Cylinder gehen, um dadurch nicht Electricität zu hindern; und auch eben dem Grunde ſtand ich, daher, es auch nicht möglich, Cylinder mit eingeſchloſſener verſchütteter Luft anzuwenden.

Man behauptet auch, daß es beſſer ſey, auf der innern Fläche des Cylinders eine leitende Subſtanz anzubringen, weil dann deſto mehr Electricität auf der äußern Fläche angehäuft werden könnte, wovon die Gründe ſich erſt aus dem weiter unten folgenden ſtraßen Verſuch zeigen. Man gleich dadurch die Capacität der äußern Fläche für Electricität wachſen, ſo nimmt dadurch auch die Latenzität der Electricität ab. Allerdings aber würde es vortheilhaft ſeyn, der Fläche des Reibzeuges gerad gegen über, und nirgends anders, auf der innern Fläche eine leitende Subſtanz anzubringen.

§. 1259. Zum Reibzeuge bey den Glasmaſchinen nahm man ſonſt lederne Rüſſen, die man mit Haaren ſtopfte. D. Looth hat bey den gläſernen Cylindermaſchinen mit mehterm Vortheile ein dünnes mit Pferdehaaren ausgeſtopft, ſeidenes Rüſſen vorgeſchlagen, das mit der einen Seite an ein, nach der Krümmung des Cylinders eingerichteter, hölzerner Geſtell befeſtigt, und mit einem, hieran befeſtigten und mit einem Zinfamalgama und etwas Fett beſtrichenen

thenen Leder nur bedeckt ist, an dessen andern Ende sich ein Stiel Wachstafent befindet, der einen Theil des Cylinders umgiebt. Um das Rässen bequem an den Cylinder zu drücken, dienen Stahlfedern, oder noch besser selbene Schürze, die an dem andern freyen Ende des Rässens befestigt, über den Cylinder gezogen, und an einem bequemen Orte des Tisches, worauf die Maschine steht, hinlänglich angespannt werden. Bequem ist es, wenn man das Reibzeug auch poliren kann; und dies geschieht am besten, dadurch, daß man das Brett, worauf das Rässen ruhet, auf eine hinlänglich starke gläserne Säule setzt, die man auch wohl noch mit Pech oder Siegellack ausgießt und überzieht. Um diese Polirung aufzuheben, hängt man an das Gestell des Rässens einen Metalldraht, der bis auf die Erde reicht.

Cavatio a. a. D. C. nos. fi

Das Zinkamalgama besteht aus 5 Theilen Zink, und 1 Theil Quecksilber. Man schmelzt das erstere, und gießt dann das Quecksilber dazu, entfernt das Gefäß vom Feuer, und rührt alles wohl um. Nach diesem Amalgama reibt man etwas in einem feineren Mörser recht fein, und mit etwas Aschelit zusammen, und streicht es auf das Leder auf. So oft das Amalgama auf dem Leder fest und trocken wird; muß man es entweder aufragen, oder neues auftragen.

Eine vortheilhaftere Einrichtung der Reibzeuge für Scheibenmaschinen beschreibt Hr. van Marum; in *Comm. Jouru. d. Phys.* B. II. S. 167. ff. B. VI. S. 70. ff.

§. 1260. Der erste Leiter oder Conductor der Maschine (§. 1255.) ist ein blecherner Cylinder, der an dem einen, dem electrischen Reiber zugekehrten, Ende mit mehreren Spitzen, dem Zuleiter, versehen, steht aber, um das Ausströmen der Electricität aus ihm

ihm zu verhüten, allenthalben aufs genaueste abgerundet und ohne scharfe Ecken und Kanten seyn muß. Man befestigt an dem hintern und äußersten Ende desselben auch wohl noch eine messingene Kugel, und überzieht das Uebrige, den Zutritter ausgenommen, mit Firniß oder Siegellack. Dieser erste Leiter muß nothwendig isolirt seyn, wenn er electrificirt werden soll, und man stellt ihn deswegen mit den unten an ihm befestigten metallenen Hauben, die wohl abgerundet seyn müssen, auf hinlänglich lange und starke Glasfüße, die man auch noch mit einem Firniß überzieht und mit Pech ausgießt. Nicht so sicher und fest hängen ihn Manche an seidenen Schnüren auf. Große Leiter macht man auch wohl von Holz oder Wapre, die man mit Zinnfolie überzieht.

§. 1261. Außer diesem ersten Conducter ist es gut, wenn man noch mit einem zweiten versehen ist, den man von der Decke des Zimmers herab an seidenen Schnüren aufhängt, und den man durch eine Kette mit dem leitenden Gestelle des isolirten Reibzeuges in Verbindung setzen kann.

§. 1262. Damit die Versuche mit der Electricitätsmaschine gut von Statten gehen, müssen alle Theile derselben von Staub und Feuchtigkeit befreiet seyn; sie selbst muß nicht in zu großer Nähe von ableitenden Gegenständen, und die Luft muß nicht zu feucht seyn.

§. 1263. Wegen der Mittheilung der Electricität an die umgebende Luft (§. 1254.), zumal wenn diese feucht ist, wird bey einer schwachen Wirksamkeit

der Maschine die Anhäufung auf dem Leiter weit geringer seyn müssen, als es bey einer wirksamern Maschine auf einem gleich großen Leiter den übrigen gleichen Umständen der Luft und Isolirung der Fall seyn wird. Bey einer schnellen und starken Wirksamkeit der Maschine kann die in Ueberfluß dem Leiter zugeführte electricische Materie entweder nach dem Reibzeuge zurückgehen, oder nach andern leitenden Theilen der Maschine sichtbar abströmen. Uebrigens erhellet aus den vorher angeführten Thatfachen, daß es für die Wirksamkeit jeder Maschine ein gewisses Maaß der Größe des Leiters geben müsse, welches das vortheilhafteste ist.

Electricische Erscheinungen mit der Electricitätsmaschine ohne Verstärkungsflasche.

§. 1264. Man hebe die Isolirung des Reibzeuges auf, man nehme den Conductor von der Maschine ab, und bringe den Cylinder in Umlauf. Man wird jetzt schon in beträchtlicher Entfernung vom Leitern die Empfindung erhalten, als wenn Spinnweben übers Gesicht gezogen würden, und der besondere Geruch wird sich weit stärker verbreiten, als wenn der Conductor der Maschine daran applicirt ist. Hält man die Knöchel des Fingers in die Nähe des umlaufenden Cylinders, so brechen ohne Unterlaß knisternde Funken aus ihm hervor, die aber nur kurz und klein sind.

§. 1265.

§. 1265. Man setze den Conductor auf seine Träger, und electrifizir, wie vorher. Nähert man jetzt dem electrifirten Conductor den Knöchel des Fingers, oder einen andern gehörig abgerundeten Leiter, so bricht ein weit stärkerer Funke mit einem stärkeren Schalle und lebhaftern Lichte hervor. Die Geschwindigkeit des Ueberganges des Funkens ist so groß, daß man nicht unterscheiden kann, ob er aus dem Conductor, oder dem ihm genäherten Leiter, oder aus beyden zugleich komme. Der Funken ist gerade, wenn er nur kurz ist; bey einer größern Länge hingegen geschwängelt.

§. 1266. Die Länge und Stärke der gezogenen Funken hängt allerdings von der Wirksamkeit der Maschine ab; indessen hat doch die electrische Atmosphäre und die Gestalt des genäherten Leiters darauf Einfluß.

Um durch Hülfe einer Nadelspitze, die man zwischen dem Daum und dem Zeigefinger gehörig faßt, recht lange Funken aus dem Conductor zu ziehen, lehrt Hr. Bohnenberger: Beiträge zur theor. und pract. Electricität. St. 13. Stuttg. 1794. S. 92. ff.

§. 1267. Man hänge einen zweyten Conductor an seidenen Schnüren auf, und nähere ihn isolirt dem ersten electrifirten Conductor, so bricht auch zwischen beyden ein Funken hervor, und der zweyte Conductor ist nun electrifirt.

§. 1268. Eben so wird der zweyte isolirte Conductor auch electrifirt, wenn er mit dem ersten electrifirten Conductor durch eine metallene Kette in leitender Verbindung ist.

§. 1269.

§. 1269. Er wird hingegen nicht electrifizirt, wenn er durch ein hinlänglich langes seidenes Band damit in Verbindung ist.

§. 1270. Es trete eine Person auf einen trocknen Harzkuchen, und fasse eine Kette in die Hand, die mit dem Conductor der Maschine connectirt. Wird nun electrifizirt, so zeigt die Person die Erscheinungen eines electrisirten Conductors.

§. 1271. Man lasse in der Nachbarschaft des Conductors ein Korkfögelchen an einem feuchten Zwirnsfaden herabhängen, und electrifizire dann. Das Korkfögelchen mit dem Faden wird sogleich aus der verticalen Lage gebracht und gegen den Conductor hingezogen, auch schon in beträchtlichen Entfernungen.

§. 1272. Man befestige den feuchten Faden, woran das Korkfögelchen hängt, unmittelbar an den Conductor, und electrifizire. Jetzt wird das Korkfögelchen sich gegen jeden ihm genäherten Leiter zu bewegen, oder von ihm schon in beträchtlicher Entfernung angezogen werden.

§. 1273. Man hänge zwei Korkfögelchen an einem feuchten Zwirnsfaden unmittelbar an den Conductor, so daß sie parallel herabhängen, so werden sie beim Electrifiziren divergirend aus einander gehen. Eben so sträuben sich auch die Haare eines Haarbüschels, feine haarförmige Glasfäden, die an dem Conductor der Maschine hängen, divergirend aus einander.

§. 1274.

§. 1274. Ein Korffügelchen, das an einem feinen Faden hängt, also isolirt ist, dem electrifirten Conductor genähert, wird davon erst bis zur Berührung angezogen, dann aber sogleich abgestoßen, und bleibt abgestoßen.

§. 1275. Man lege ganz kleine Papierschnitzelchen oder Sägespäne in eine metallene Schale, die auf dem Conductor steht, und electrifizir, so werden jene ganz weggestreuet.

§. 1276. Ein Korffügelchen, das, an einem feinen Faden hängend, von dem electrifirten Conductor der Maschine stetig abgestoßen bleibt (§. 1274.), wird von einem ihm genäherten nicht isolirten Leiter angezogen, und nach der Berührung damit wieder vom Conductor, und so wechselseitig fort; oder es spielt zwischen beyden bis zur Berührung beständig hin und her.

Hierbey gehrt:

Die electriche Spinn.

Der Tanz der papiernen Puppen.

Das electriche Glockenspiel.

§. 1277. Wenn man eine oder mehrere leitende Spitzen auf den Conductor befestigt, so wird die Intensität der ihm mitzutheilenden Electricität dadurch geschwächt. Man fühlt eine Art von Wind aus den Spitzen, und man sieht im Dunkeln bey nicht zu schwacher Wirksamkeit der Maschine an der Spitze einen leuchtenden Feuerbüschel, dessen Strahlen von der Spitze ausgehen (§. 1250.)

§. 1278.

§. 1248. Wenn man eine leitende Spitze in die Nachbarschaft des Conductors hält, so wird die Intensität seiner Electricität dadurch ebenfalls sehr geschwächt, und man sieht im Dunkeln an dieser Spitze einen leuchtenden Punct (§. 1250.).

§. 1279. Wenn man ein dünnes metallenes Kreuz, dessen Arme zugespitzt und mit ihren Enden nach einerley Richtung umgebogen sind, mit seinem ausgehöhlten Mittelpuncte auf eine metallene Spitze legt, die auf dem Conductor steht, so kommt es bei dem Electriciren des Conductors in Umlauf, und zwar nach der entgegengesetzten Richtung seiner gebogenen Enden,

§. 1280. Man bringe einen isolirten zweiten Leiter an den electricirten Conductor der Maschine, zertheile ihn Electricität, entferne ihn dann wieder isolirt davon, und berühre ihn mit einem nicht isolirten Leiter, so verliert er seine Electricität ganz und auf einmal. Er verliert sie hingegen nicht bei Berührung mit einer Siegellackstange oder einem Nichtleiter.

§. 1281. Der durch einen nicht isolirten Leiter berührte geriebene Glaszylinder der Maschine verliert dadurch seine Electricität nicht auf einmal, sondern zeigt auch nach vielfältigem Berühren noch das Anziehen des Korkkügelchens an einem Zwirnsfaden.

§. 1282. Man stelle eine kleine metallene Schale, mit gehörig abgerundeten Rändern, worin man etwas Bitriolnaphtha gegossen hat, auf den Conductor,

tot, und electrifire. So wie man nun aus der Morpho durch den Finger einen Funken zieht, entzündet sich dieselbige. Der Versuch läßt sich auch mit erwärmten Alcohol anstellen.

§. 1283. Auch das Wasserstoffgas läßt sich durch den electrifchen Funken leicht anzünden, wenn es mit Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft vermischt ist. Hierher gehört die electrifche Pistole.

Entgegengesetzte Electricitäten.

§. 1284. Man hänge einen Leiter an seidenen Schnüren auf, isolire das Reibzeug der Electrificationsmaschine, verbinde es durch eine Kette mit dem isolirten Leiter, hebe die Isolirung des ersten Conductors der Maschine auf, oder lasse von ihm einen Metalldraht zur Erde gehen, und electrifire. Jetzt zeigt das Reibzeug und der damit verbundene isolirte Leiter Electricität; der erste Conductor der Maschine kann aber keine zeigen, da er nicht mehr isolirt ist.

§. 1285. Alle vorhin (§§. 1265 — 1283.) beschriebene electrifche Versuche kann man nun an dem Leiter anstellen, der mit dem isolirten Reibzeuge in leitender Verbindung ist.

§. 1286. Wenn man hierben den ersten Conductor der Maschine auch isolirt, so ist die Electricität des Reibzeuges so wohl, als die des ersten Conductors nur schwach.

§. 1287. An sich betrachtet zeigt sich die Electricität des Reibzeuges oder des damit verbundenen isolirten

lirten Leiters von der bisher betrachteten des ersten Conductors der Maschine nicht verschieden; allein beim Gegeneinanderhaften beider Electricitäten offenbaren sich wesentliche und bemerkenswerthe Unterschiede, die wir jetzt näher betrachten wollen.

§. 1288. 1) Man verbinde einen Leiter, an seidenen Schnüren hängend, durch eine Kette mit dem ersten isolirten Conductor der Maschine, während das Reibzeug nicht isolirt ist, so wird jener Leiter beim Electriciren die Electricität des Conductors der Maschine erhalten, und wenn man beide einander nähert, werden keine Funken überschlagen. 2) Man verbinde den isolirten Leiter, statt mit dem Conductor der Maschine, mit dem Leiter des isolirten Reibzeuges, hebe die Isolirung des ersten Conductors der Maschine wieder auf, und electrifizire. Jetzt wird der zweite Leiter die Electricität des Reibzeuges erhalten, und dem ersten Leiter des Reibzeuges genähert, daraus keinen Funken ziehen. 3) Man isolire den ersten Conductor der Maschine und auch das Reibzeug; man verbinde mit letzterm durch eine metallene Kette einen an seidenen Schnüren hängenden Leiter, und electrifizire. Nähert man nun den Conductor des Reibzeuges dem ersten Conductor der Maschine, so schlagen zwischen beiden starke Funken.

§. 1289. Zwen isolirte Leiter also, die beide gleich stark mit der Electricität des ersten Conductors der Maschine versehen sind, geben sich bei ihrer Annäherung

näherung keine Funken. Eben dies ist der Fall, wenn beide gleich fast die Electricität des Reibzeuges besitzen. In beiden Fällen behalten sie auch ihre Electricitäten. Wer ein durch das isolirte Reibzeug electrificirter isolirter Leiter und ein durch den Reiber der Maschine electrificirter isolirter Leiter geben sich starke Funken, und beyder Electricitäten hören dann verhältnißmäßig auf.

§. 1290. 2) Wenn man auf dem mit der Electricität des Reibzeuges versehenen Leiter eine leitende Spitze angebracht hat, so sieht man an derselben im Dunkeln keinen divergirenden Feuerbüschel, sondern bloß einen leuchtenden Punkt oder Stern. Wenn man aber diesem so electrificirten Leiter eine leitende Spitze nähert, so zeigt sich an dieser ein leuchtender Feuerbüschel. Also ist das Phänomen umgekehrt als das oben (§. 1277. f.) erwähnte. Man kann sich davon noch mehr überzeugen, wenn man einen an beiden Enden zugespitzten Metalldraht vermittelst eines gläsernen Handgriffes in gehöriger Entfernung zwischen dem electrificirten Conductor der Maschine und dem electrificirten Conductor des Reibzeuges hält.

§. 1291. 3) Man verbinde einen Metalldraht, der an dem einen Ende abgerundet und mit einem gläsernen Handgriffe in der Mitte versehen ist, mit dem andern Ende durch eine Kette mit dem ersten Conductor der Maschine, führe das abgerundete Ende, während des Electrificirens, auf einem recht glatten, trockenen, Harztuche umher, und theile so den berührten

berührten Stellen desselben die Electricität des Conductors. Man bestreut dann den Harzstucken dünn mit Bärappsaamen, so bildet dieser an den electrifirten Stellen strahlige Figuren. Man ertheile dem nachher wieder rein abgewaschenen Harzstucken an den berührten Stellen die Electricität des Reibzeuges, und es zeigen sich nach dem Bestäuben mit Bärappsaamen runde Flecke ohne Strahlen.

L. C. Lichtenberg, de nova methodo, naturam ac motum fluidi electrici investigandi; in den nov. comment. societ. Goetting. T. VIII. 1777. S. 168.

§. 1292. 4) Ein isolirter, leicht beweglicher, leitender Körper, z. B. ein Korkfögelchen, das an einem seidenen Faden hängt, wird in der Nachbarschaft des electrifirten Conductors der Maschine von demselben angezogen, dann aber wieder abgestoßen und bleibt abgestoßen. (§. 1274). Aber in diesem Zustande des Abstoßens wird es von dem electrifirten Conductor des Reibzeuges angezogen. Das von diesem angezogene Korkfögelchen wird dann wieder abgestoßen, und bleibt abgestoßen; aber es wird in diesem Zustande des Abstoßens von dem ersten Conductor der Maschine angezogen. Also, was die Electricität des Conductors und des Reibers der Maschine abstoßt, das zieht die Electricität des Reibzeuges an, und umgekehrt.

§. 1293. Zwei isolirte Korkfögelchen, wovon dem einen die Electricität des Conductors der Maschine, dem andern die Electricität des Reibzeuges mitgetheilt

geheilt worden ist, ziehen sich einander an, und ihre Electricitäten hören auf.

§. 1294. Zwischen einem durch den Conductor der Maschine und einem durch das isolirte Reibzeug electrifirten isolirten Leiter können leichte isolirte leitende Körperchen beständig hin und her, und werden wechselseitig von dem einen und dem andern angezogen und abgestoßen, bis die Electricität beider Leiter erschöpft ist.

§. 1295. Wenn man eine Siegellackstange durch Reiben mit einem Kagenfelle electrifirt, und ein kleines leichtes Korkfögelchen vermittelst eines feinen Zwirnsfadens darüber hängt, so wird dieses von einer andern geriebenen Siegellackstange abgestoßen, von einer geriebenen Glasröhre aber angezogen werden. Eben so stößt auch 5) das isolirte electrifirte Reibzeug unserer Maschine das Korkfögelchen der electrifirten Siegellackstange ab, das electrifirte Conductor und der geriebene Cylinder zieht es an.

§. 1296. Es hat also ganz das Ansehen, als ob es zweyerley Arten der Electricität giebt, die sich einander entgegengefeßt sind, wie positive und negative Größen, die sich einander aufheben, oder vernichten, wenn sie gleich groß oder stark sind. Es mag nur eine Verwandniß damit haben, welche es will; so müssen wir hier wenigstens den Zustand der durchs isolirte Reibzeug oder durch den Reiber electrifirten Körper, d. h., ihre Electricitäten, als entgegengefeßt (Electricitates contrariae) ansehen, und, ohne uns
noch

tibus contrariis, Rostoch. 1757. 4.); **Aepinus** (Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, auct. F. V. Aepino, Petrop. 1749. 4.); **Bergmann** (Experimenta electrica cum tabulis vitreis sibi mutuo affrictis instituta; in seinea opuscul. phys. chem. Vol. X. S. 370; Experimenta electrica cum taeniis seriosis instituta; ebdem, S. 391.); **Lichtenberg** (Vrlebens Naturl. 6. Aufl. S. 475. ff.).

Gesetze der Electricität.

§. 1301. Ohne uns hier schon um die Ursache der Verschiedenheit der Electricitäten zu bekümmern, können wir doch die Gesetze, die sie befolgen, näher entwickeln. Diese Gesetze sind einfach, aber fruchtbar an Folgerungen, und gewähren eine leichte Uebersicht der bis jetzt vorgetragenen und noch anzuführenden Phänomene.

§. 1302. 1) Gleichartige Electricitäten stoßen sich ab. Ein Körper $+E$ stößt einen andern, dessen $+E$ ab, und beide zeigen, gegen einander genähert, keine Funken, wenn sie verhältnißmäßig gleich viel $+E$ haben, sondern behalten ihre Electricität. Ein Körper $-E$ stößt einen andern, dessen Electricität auch $-E$, und mit jener verhältnißmäßig gleich groß ist, von sich, unter eben den Erscheinungen.

§. 1303. Die Kraft, mit welcher sich gleichnamig oder gleichartig electricisirte Körper abstoßen, verhält sich umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernung. Hr. **Coulomb** hat dies durch directe Erfahrungen bewiesen.

Coulomb a. a. O., im neuen Journal der Phys. S. III. S. 51. ff.

§. 1304.

§. 1304. Aus diesem Abstoßen gleichnamiger Electricitäten hat man auch Anlaß zu den Electrometern genommen. Die meisten dienen höchstens nur, um darays ungefähre zu beurtheilen, ob eine Electricität stärker oder schwächer sey, als eine andere; nicht aber, wie groß sie eigentlich sey.

1) Camons Korffugellectrometer.

Philos. transact. Vol. XLVIII. P. 1. p. 33.

2) Genly's Quadrantenelectrometer.

Philos. transact. Vol. LXII. C. 399.

3) Cavallo's Electrometer.

Deffen vollständige Abhandlung von der Electricität, S. 124.

4) Ebendesselben Taschenelectrometer.

a. a. D. S. 294.

5) Eine Abänderung desselben, von Adams beschrieben.

Versuch über die Electricität, worin Theorie und Ursachung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert werden; von Geo. Adams, aus dem Engl. Leipz. 1788. 2. S. 164.

6) Richards Electrometer.

Abhandlung von der Kraft der Electricität von St. Carl Richard; im 1. B. der Beschäft. der Berlin. Ges. phys. naturf. Freunde. S. 33.

7) Sansure's Electrometer; besonders für die atmosphärische Electricität.

Defflen Reisen durch die Alpen, Theil III. Leipzig 1787. S. 791.

8) de Luc's Fundamentalelectrometer.

Defflen neue Ideen über die Meteorologie, B. I. S. 397.

9) Bennets sehr empfindliches Electrometer aus Blattgolde streifen.

Scots Journ. der Physik B. I. S. 382.

10) Volta's Strohhalmelectrometer, das er auch verglichen hat, so daß es dem Zweck eines Electrometers entspricht.

Alex. Volta meteorologische Briefe, aus dem Italien. B. I. Leipz. 1793. 2.

11) Coulombs elektrische Waage, die auf eine sehr kunstreiche Art die Stärke der untersuchten Electricität vergleichbar darstellt, und ein wahres Electrometer ist.

Coulomb a. a. D. S. 51.

§. 1305. II) Ungleichartige Electricitäten ziehen sich an. Ein Körper, der $+E$ hat, zieht einen andern, leicht beweglichen, $-E$ an, und umgekehrt, und beide zeigen nach dem Zusammentreffen keine Electricität mehr, wenn sie gleich viel $+E$ oder $-E$ hatten.

§. 1306. Dies giebt uns auch ein Mittel an die Hand, um die entgegengesetzten Electricitäten selbst zu finden. Hängt man nämlich Korkkügelchen an einem Zwirnsfaden über eine mit einem wollenen Tuche geriebene Siegellackstange, und ertheilt ihnen dadurch $-E$, so werden sie von einem $+E$ haltenden Körper angezogen, von einem mit $-E$ versehenen zurückgestoßen werden.

§. 1307. Ein mit $+E$ oder $-E$ versehener Körper zieht nicht nur denjenigen an, der die ~~den~~ feindlichen entgegengesetzte Electricität hat (§. 1305), sondern auch einen jeden andern nicht elektrisirten, oder dessen Electricität 0 ist. — Diese Wirkung der elektrisirten Körper auf andere, 0 E oder die entgegengesetzte Electricität enthaltende geschieht nach der Stärke ihrer Electricität in einer größern oder geringern Entfernung, und der Raum, durch welchen sich diese Wirkung erstreckt, nennt man eben den Wirkungskreis, oder die electriche Atmosphäre des elektrisirten Körpers (§. 1254.).

§. 1308.

§. 1308. Wenn man diesemnach einen unisolirten Leiter, z. B. eine Metallstange, dem electrificirten Conductor der Maschine nahe bringt, so erhält jener an dem dem Conductor zugekehrten Ende die entgegengesetzte Electricität des Conductors: $+E$, wenn dieser $-E$ hatte, und $-E$, wenn dieser $+E$ besaß; bey der größern Annäherung erhält der Leiter einen Funken, und die Electricität hört ganz auf. Wenn aber der Leiter isolirt ist, so erhält das von dem electrificirenden Körper abgewendete Ende die gleichnamige Electricität von jenem, und also die entgegengesetzte an dem dem Conductor zugekehrten Ende. Bey der Annäherung nehmen beide Electricitäten zu, bis der Leiter endlich einen Funken erhält, worauf seine Electricität die gleichnamige des electrificirenden Körpers wird.

§. 1309. Wenn man aber diesen isolirten Leiter wieder von der Maschine isolirt entfernt, ehe er so nahe kommt, daß er einen Funken erhält, so hört die Electricität, die sich an seinen entgegengesetzten Enden als entgegengesetzt zeigte, sogleich auf, und es ist alles wieder im natürlichen Zustande. Berührt man ihn aber, während daß er in dem Wirkungskreise des electrificirenden Körpers ist, an dem von diesem abgewandten Ende mit dem Finger, oder sonst mit einem leitenden Körper, so entsteht ein Funken, und seine Electricität hört auf. Entferne ich ihn jetzt zugleich isolirt von dem electrificirenden Körper, so hat er die entgegengesetzte Electricität des electrificirenden Körpers, oder die gleichnamige des diesem zugekehrten Endes.

§. 1310. In diesem Falle entsteht also Electricität, ohne daß sie der electrificirende Körper verliere, also nicht durch Mittheilung (§. 1242.), sondern durch Vertheilung der Electricität. Sie gründet sich eigentlich auf die vorher angeführten Gesetze der Electricität: daß ungleichartige Electricitäten sich anziehen, gleichartige sich abstoßen (§§. 1302. 1305.), und macht das dritte Gesetz: III) Jeder electrifirte Körper erregt in denjenigen Körpern, die in seinen Wirkungskreis kommen, in diesem Wirkungskreis eine der seinigen entgegengesetzte Electricität.

§. 1311. Wenn der in den Wirkungskreis eines electrifirten Körpers gebrachte ein Nichtleiter ist, so erhält er zwar auch an dem Ende, welches dem electrifirten Körper zugekehrt ist, die entgegengesetzte Electricität; allein eben wegen seiner nicht-leitenden Eigenschaft ist die erregte Electricität nicht stark, und erstreckt sich nicht weit, und man findet an ihm vielmehr schwache abwechselnde Zonen von entgegengesetzten Electricitäten.

§. 1312. Dünne Nichtleiter halten diese Wirkungen der Vertheilung der Electricität oder der electrischen Atmosphäre nicht auf, wohl aber die der Mittheilung.

Theorie der entgegengesetzten Electricitäten.

Franklins System. Dualistisches System.

§. 1313. Der Erste, welcher eine Theorie der bekannten electrischen Erscheinungen entwarf, die den bisher vorgetragenen Gesetzen entsprach, und aus der sie ohne Ausnahme auf eine genugsuende Weise abgeleitet werden konnten, war **Franklin**. Die Grundsätze dieses **Franklinischen Systems**, die wir nachher auf die vorzüglichsten Phänomene der Electricität anwenden wollen, sind folgende: 1) Es ist durch alle Körper eine subtile Materie verbreitet, von welcher die electrischen Erscheinungen abhängen. 2) Diese electrische Materie ist ein expansibles Fluidum, oder eine solche, deren Theile gegen einander Repulsionskraft ausüben. 3) Das electrische Fluidum wird von den Theilen anderer Körper angezogen, und kann dadurch in den Zustand gebracht werden, daß es aufhört, expansibel zu seyn. 4) Jeder Körper kann aber durch seine Anziehungskraft zur electrischen Materie nur eine gewisse Menge davon enthalten, wenn ihre Expansivkraft derselben darin im Zustande des Gleichgewichts seyn, und wenn er keine electrischen Erscheinungen äußern oder seine Electricität 0 seyn soll. Diesen Zustand kann man die **Sättigung** des Körpers mit electrischer Materie nennen; man nennt ihn auch den natürlichen Zustand der Electricität eines Körpers.

5) Wenn ein Körper eine größere Quantität des electrischen Fluidums erhält, als sein natürlicher Zustand (4) erfordert, so wird er positiv electrificirt, oder erlange Plus- Electricität. 6) Wenn ihm hingegen von der Quantität der electrischen Flüssigkeit, die seinem natürlichen Zustande angemessen ist, entzogen wird, so wird er negativ- electrificirt, oder erlange Minus- Electricität. 7) Alle nicht- isolirte leitende Körper sind im natürlichen Zustande der Electricität. 8) Der positive oder negative Zustand der Electricität kann nur isolirten Körpern zukommen. 9) Das electrische Fluidum kann aus einem Körper in den andern nur dann übergehen, wenn das electrische Gleichgewicht gehoben ist und kein Widerstand eines Nichtleiters den Uebergang hindert. 10) Ein Körper, aus welchem das electrische Fluidum an einen andern übergehen soll, muß in Beziehung auf diesen Plus- Electricität haben. 11) Aller positiv- oder negativ- electrische Zustand der Körper entsteht entweder durch Uebergang, oder Vertheilung (§. 1310.) des electrischen Fluidums. 12) Die electrische Atmosphäre der Körper oder ihr Wirkungsbereich ist Luft durch Vertheilung electrificirt.

New experiments and observations on electricity, by *Benj. Franklin*. Lond. 1751. 4. verm. 1769. 4. Des *Hrn. Benj. Franklin's* Briefe von der Electricität, aus dem Engl. mit Anm. von *J. C. Wille*. Leipz. 1798.

§. 1314. Dieser Franklinischen Theorie steht eine andere entgegen, deren erster Urheber *Rob. Symmer* ist. Nach derselben giebt es zwey verschiedene electrische

Electrische Materien, wovon, wenn sie einzeln thätig sind, die eine den Franklin'schen positiven Zustand, die andere aber den negativen zuwege bringt. Der letztere rührt also auch von einem positiven Wesen her. Jede dieser respectiven electrischen Materien, ($+E$ und $-E$) ist eine expansibele Flüssigkeit, deren respective Theile Repulsionskraft gegen einander ausüben. Sie selbst, die ungleichartigen electrischen Materien, ziehen sich unter einander an, und durch ihre Vereinigung in einem Körper heben sie sich in ihren Wirkungen gegen einander auf, so daß alle sensible Electricität vernichtet ist. Man sieht also, daß nach dieser Theorie, die man auch das dualistische System nennt, jede der entgegengesetzten electrischen Materien nur einzeln für sich ein expansibles Fluidum ist, daß sie es aber in ihrer Verbindung nicht mehr sind. Ein jeder Körper hat im natürlichen Zustande, wo er kein Zeichen der Electricität von sich giebt, beide electrische Materien, $+E$ und $-E$, in sich veretheilt, und zwar in dem Maße, daß sie sich gegen einander aufheben, und also $0E$ machen. Wenn das Gleichgewicht beider electrischen Materien durch irgend einen Proceß aufgehoben wird, so wird der Körper electrifirt. Er wird positiv electrifirt, wenn ihm freies $+E$ mitgetheilt oder wenn ihm von seinem natürlichen $-E$ entzogen wird. Er erhält die negative Electricität, wenn ihm freies $-E$ mitgetheilt, oder wenn ihm von seinem natürlichen $+E$ entzogen wird. Das freie $+E$ oder $-E$ eines electrifirten Körpers kann aber auch das gebundene gleichnamige eines Körpers

pers abstoßen, und das ungleichnamige anziehen; so daß Electricität durch Vertheilung entsteht.

Symmers oben (§. 1300.) angeführte Abhandlung.

§. 1315. Dieses dualistische System hat zwar viel Anhänger und Liebhaber gefunden, aber es erklärt nicht mehr und nicht leichter, als das Franklinische, das so wenig ein bekanntes Phänomen unerklärt läßt, als das Symmersche. In Beziehung auf die oben (§. 19.) gegebene Regel kann man nicht umhin, der Franklinischen Theorie den Vorzug zuzugestehen. Man braucht nach Franklin nur Eine Materie, um den dreifachen Zustand der Körper in Ansehung der Electricität zu erklären; nach dem dualistischen Systeme braucht man dazu, nicht zwey, sondern drey Materien: nämlich ein $+E$, ein $-E$ und ein OE : denn dieses OE ist ja eine, aus den beyden andern Materien durch Zusammensetzung entsprungene, neue Materie. Was mich aber noch vorzüglich bestimmt, mich für die Franklinische Theorie zu erklären, ist der Umstand, daß die vermeinten entgegengesetzten electrischen Materien einzeln betrachtet, sich den Sinnen in ihren Wirkungen gar nicht verschieden zeigen; (denn die oben (§§. 1290. f.) angeführten Erscheinungen können doch wohl nicht als sinnliche Verschiedenheiten zweyer Materien, sondern nur als Verschiedenheiten der Richtung des Stromes Einer Materie gelten,) und daß keine Analogie in der ganzen Naturlehre weder eine solche Uebereinstimmung für alle sinnliche Wahrnehmung bey zwey specifisch verschiedenen Materien darthut, noch einen Fall hat, wo durch die Ver-

Verbindung zweyer die Sinne afficirenden Materien eine dritte Materie; (das $\circ E$ der Dualisten,) entspringt, welche schlechterdings nicht mehr sinnlich wahrzunehmen ist. Vergeblich beruft man sich, um analoge Fälle zu erhalten, auf Phlogiston und Wärmestoff, oder auf Wasserstoff und Sauerstoff, u. dergl. Diese Beispiele widerlegen geradezu das, was man dadurch beweisen will. Ich will indessen hier die Anwendung beyder Systeme zur Erklärung der vorzüglichsten, bis jetzt angeführten, electrischen Erscheinungen geben.

§. 1316. Durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine entsteht positive Electricität auf dem Glase und negative Electricität im isolirten Reibzeuge. (Die Untersuchung über das Wie gehört noch nicht hierher.) Nach dem Franklinischen Systeme wird also dem Reibzeuge durch das Glas beim Reiben electrische Materie entzogen und auf der Fläche des Glases, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft desselben, angehäuft. Wenn das Reibzeug nun isolirt ist, so kann es seinen Mangel der electrischen Materie nicht ersetzen; es ist also negativ electrisirt. In andern Fällen, wo der reibende electrische Körper negativ electrisirt wird (§. 1300.), ist es dieser, der von seiner electrischen Materie hergiebt, und das Reibzeug empfängt; das also in diesem Falle, wenn es isolirt ist, positive Electricität zeigt, während jener die negative hat. — Nach dem dualistischen Systeme wird durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine das $+$ E. des letz-

tern

tern frey; das Glas führt wegen seiner nicht-leitenden Eigenschaft dieses $+E$ nicht gleich durch seine Substanzen weiter, und zeigt nun die Electricität das $+E$; das $-E$ des Reibzeuges bindet dieses $+E$ nicht mehr ganz, und wenn es isolirt ist, so kann dieses $+E$ in ihm nicht ersetzt werden, und sein $-E$ ist also ebenfalls frey. Daher zeigt das Reibzeug nun negative Electricität, während das Glas positive hat. Und so ist es auch in den andern Fällen, wenn der reibende electrische Körper $-E$ aus dem Reibzeuge los macht, dann hat dieses $+E$.

Der Wachsstaffent, der den Glascylin- der zum Theile umgiebt, hat seinen Nutzen hauptsächlich darin, daß er durch die entgegengesetzte Electricität die Intensität des $+E$ des Glascylin- ders schwächt; dadurch wächst die Capacität des Leithern, und er kann solcher Gestalt mehr $+E$ aus dem Reibzeuge aufnehmen. Beide entgegengesetzte Electricitäten des Wachsstaffents und des Glases binden sich wechselseitig, ohne sich zu sättigen, welches bey glatten, nicht-leitenden Flächen nicht Statt finden kann. So wie nun der Kälter den Wachsstaffent verläßt, so wird sein $+E$ jetzt wieder frey und wird vom Zuleiter eingesogen. — Man sieht hieraus auch leicht den Grund ein, warum der Wachsstaffent keine Falten und Unebenheiten haben muß, wenn seine Wirkung stark seyn soll.

§. 1317. Wenn aber das Reibzeug unserer Electrificationsmaschine durch leitende Materie mit der Erde verbunden ist, so ersetzt es nach Franklin aus dieser unerschöpflichen Quelle seine abgeführte electrische Materie stetig wieder; es bleibt also immer im natürlichen Zustande, und kann demnach immer wieder electrische Materie an das Glas abgeben, wenn diese abgeleitet wird. Nach dem dualistischen Systeme zieht es aus den leitenden Substanzen immer wieder so viel $+E$ an, daß sein $-E$ nicht sensibel oder
frey

bleibe, und es kann dabei immer neues \pm E ab
des reibende Glas abgeben, wenn dieses weiter abge-
führt wird.

§. 1318. Jeder electrifirte Körper hat eine größere
oder geringere electrische Atmosphäre, in welcher sich das
electrische Anziehen und Abstoßen äußert. Der nega-
tiv-electrifirte Körper hat sie so gut, als der positiv-
electrifirte. Dieser electrische Wirkungskreis entsteht
nach dem Franklinischen Systeme lediglich durch Ver-
theilung der natürlichen electrischen Materie der Luft.
Wird nämlich ein Körper positiv electrifirt, so wird
die abstoßende Kraft der auf ihm angehäuften electri-
schen Materie auch auf die natürliche electrische Ma-
terie der Luft thätig, und bringt diese aus ihrem Zu-
stande des Gleichgewichts, so daß sie nun selbst Repul-
sionskraft in ihren Theilen und Anziehungskraft gegen
andere Materien um den electrifirten Körper herum
äußert, und zwar mit einer abnehmenden Intensität,
die dem oben (§. 1303.) angeführten Gesetze gemäß
ist. Die Luft empfängt hierbei als ein Nichtleiter kein
electrisches Fluidum durch Mittheilung von dem elec-
trifirten Körper, als in so fern sie leitende Sub-
stanz enthält. Wird hingegen der Körper negativ
electrifirt, so wird auch der natürliche Zustand der
Electricität der Luft gehoben, ihre natürliche electri-
sche Materie strebt in den Körper einzubringen, oder
wird von dem Körper gezogen, ohne sich doch, we-
gen der nicht-leitenden Eigenschaft der Luft, von ders-
elben ihm mitzutheilen zu können. Wegen dieser ge-
gen den negativ-electrifirten Körper strebenden electri-
schen

sehen Materie der Luft sucht diese sie aus andern Materien anzuziehen, ebenfalls mit einer Intensität, die sich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung von dem electrifirten Körper. — Nach dem dualistischen Systeme ist die Erklärung folgende. In dem positiv-electrifirten Körper ist $+E$ thätig; es äußert seine abstoßende Kraft auf das natürliche $+E$ der Luft, und seine anziehende auf das natürliche $-E$ derselben. Es beschäftigt das letztere, ohne sich doch damit zu sättigen, welches die nicht-leitende Eigenschaft der Luft hindert. Das natürliche, nun sensibel gewordene, $+E$ der Luft äußert nun seine Thätigkeit, d. i., Repulsionskraft in seinen Theilen, und anziehende Kraft gegen das $-E$ anderer Körper. Wenn der Körper negativ electrifirt ist, so ist alles umgekehrt.

§. 1319. Wenn ein isolirter leitender Körper dem positiv-electrifirten Körper genähert wird, so daß er in seinen Wirkungskreis kommt, so äußert nach Franklins Systeme die thätig gewordene electrische Materie der Luft in diesem Wirkungskreise (§. 1318.) ihre abstoßende Kraft auf das natürliche electrische Fluidum dieses Leiters, und sucht sich gleichförmig zu verbreiten, ohne doch, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft der Luft, in den Leiter übergehen zu können. Die natürliche electrische Materie des Leiters wird also auch aus dem Gleichgewichte gebracht, oder thätig; sie häuft sich also in dem entferntern Ende des Leiters mehr an, während sie in dem genäherten Ende unter ihre natürliche Menge vermindert ist.

Ist

Ist hingegen der Körper negativ electrifirt, so strebt die natürliche electrische Materie des isolirten Leiters, die der Luft, welche gegen den electrifirten Körper hinstrebt (§. 1318.), zu ersetzen; seine natürliche electrische Materie wird also ebenfalls aus dem Gleichgewichte gebracht und thätig, und das entferntere Ende des Leiters wird negativ, das genäherte positiv electrifirt. In beiden Fällen entsteht also Electricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung; und es erklärt sich hieraus ungezwungen das oben (§. 1310.) angeführte dritte Gesetz der entgegengesetzten Electricitäten. Nach dem dualistischen Systeme strebt in dem einen oder andern Falle das thätig gewordene natürliche $+E$ oder $-E$ der Luft in dem Wirkungskreise des electrifirten Körpers das natürliche $-E$ oder $+E$ des isolirten Leiters anzuziehen, und das natürliche $+E$ oder $-E$ desselben abzustößen. Es entsteht also in diesem Leiter Electricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung, und es erklärt sich darnach der Erfolg des angeführten dritten Gesetzes der Electricitäten.

§. 1320. Wenn man den isolirten Leiter, ohne ihn mit einem andern Leiter berührt zu haben, wieder aus dem Wirkungskreise des electrifirten Körpers entfernt, so hört seine Electricität wieder auf. Seine auf ihm ungleichförmig vertheilt gewesene natürliche electrische Materie verbreitet sich wieder gleichförmig, und da er nichts davon verlohren, nichts dazu empfangen hat, so ist er wieder im natürlichen Zustande der Electricität. — Oder bey dem Wiederentfernen des Leiters binden und stützen sich sein natürliches $+E$ und

und — E wieder von neuem, und es wird daraus wieder \circ E.

§. 1321. Wenn der in den Wirkungskreis des electrifirten Körpers gebrachte Leiter nicht isolirt ist, so entsteht zwar auch in dem genäherten Ende aus den vorhin angeführten Gründen die entgegengesetzte Electricität, aber in dem entfernten Ende setzt sich alles, wegen der Nichtisolirung, ins natürliche Gleichgewicht.

§. 1322. Je näher der leitende, isolirte oder nicht isolirte, Körper dem electrifirten kommt, desto mehr werden, aus leicht einzusehenden Gründen, die entgegengesetzten Electricitäten auf einander wirken können, so daß endlich die auf dem positiv electrifirten Körper angehäuften electricische Materie die Luftschicht durchbricht, und sich auf beide Körper nach den Regeln des Gleichgewichtes vertheilt. Es entsteht in diesem Falle ein Funken, und wenn der leitende Körper isolirt ist, Electricität durch Mittheilung, durch Abgabe oder Annahme von electricischer Materie.

§. 1323. Wenn man in den vorher (§. 1319.) angeführten Fällen das entferntere Ende des Leiters mit dem Finger oder einem andern leitenden Körper berührt, während das andere Ende in dem Wirkungskreis des electrifirten Körpers ist, so entsteht ein Funken, und die Electricität an diesem Ende hört auf. Ist nämlich das berührte Ende positiv electrifirt, so tritt das electricische Fluidum von demselben an den Finger über und setzt sich ins Gleichgewicht. Ist es hinge-

hingegen negativ, so ergießt sich aus dem berührenden Finger oder Leiter electrische Materie in dasselbe, und das Gleichgewicht wird ebenfalls hergestellt. Das, dem electrifirten Körper genäherte Ende des Leiters behält dessen ungeachtet die entgegengesetzte Electricität, weil die Ursachen dazu fortbauern. Entfernt man nun den berührten Leiter aus dem Wirkungskreise des electrifirten Körpers, und zwar so, daß er isolirt bleibt, so hat er jetzt durchaus die ungleichmäßige Electricität des electrifirten Körpers, indem sich im erstern Falle die an dem entfernten Ende nur in der natürlichen Dosis desselben zurückgebliebene electrische Flüssigkeit auch wieder in das vorher negativ gewesene Ende verbreiten muß, folglich nun im ganzen Leiter die electrische Materie unter den Sättigungspunct vermindert ist, also Minus-*Electricität* macht; im andern Falle hingegen die an dem genäherten Ende über den natürlichen Zustand desselben angehäuften electrischen Materie sich jetzt über das andere Ende verbreitet, das seine natürliche Quantität schon hat, und folglich der Körper im Ganzen Plus-*Electricität* erlangen muß. — Nach dem dualistischen Systeme zieht im erstern Falle das frey gewordene $+E$ an dem entfernten Ende des Leiters aus dem berührenden Finger — E an, sättigt sich damit, es entsteht ein Funken, und es hört alle sensibele *Electricität* an diesem Ende auf. Entfernt man nun den berührten Leiter isolirt aus dem Wirkungskreise des positiv-electrifirten Körpers, so hat er, (wegen des $-E$ in dem genäherten Ende,) jetzt $-E$ $+E - E$, ist also negativ-electrifirt. So ist es nun auch

auch im andern Falle, wo der electrificirende Körper festes — E hatte; dann sättigt sich das frey gewordene. — E des entfernten Endes des Leiters mit + E aus dem ihn berührenden Finger, und nach der Entfernung aus dem Wirkungskreise hat der isolirte Leiter nun + E \pm E + E, oder ist positiv electrificirt.

§. 1324. Jetzt läßt sich nun auch leicht nach beyden Systemen einsehen: warum die positive Electricität des Glaszylinders nicht so stark ist, wenn der Conductor der Maschine ihm genähert ist, als wenn dieser entfernt ist; warum der Conductor der Maschine die stärkste Electricität erhält, wenn das Reibzeug nicht isolirt ist; warum die negative Electricität des isolirten Reibzeuges am größten ist, wenn der Conductor der Maschine nicht isolirt ist; und warum bey übrigens gleichen Umständen die Funken stärker sind, zwischen einem positiv-electrificirten Conductor und einem negativ-electrificirten, als zwischen einem electrificirten Conductor überhaupt, und einem nicht-electrificirten Leiter.

§. 1325. Wenn man erwägt, daß jeder Electrifice Körper einen electrischen Wirkungskreis hat, (§. 1318.); wenn man sich ferner eine richtige Vorstellung von der Entstehung dieser electrischen Wirkungskreise und der Art und Weise ihrer Wirkbarkeit (§. 1319.) macht, und hiermit den Erfolg des dritten Gesetzes der Electricität verbindet: so wird man die Erscheinungen des Anziehens leicht-beweglicher leitender, isolirter oder nicht-isolirter, Körper, und das Abstoßen der erstern nach der Mittheilung der Electricität,

erität, diese mag positiv oder negativ seyn, dem Franklinischen Systeme gemäß so leicht erklären können, als nach der dualistischen Theorie.

§. 1326. Eben so leicht folgt daraus die Erklärung des ersten und zweiten Gesetzes der entgegengesetzten Electricitäten (§§. 1302. 1305.). Es seyen z. B. zwei Korkkugeln positiv electrifizirt, so stehen sie von einander, weil sie ihren Ueberfluß der electrischen Materie an die umgebende Luft abzugeben streben. Ein einzelnes so electrifizirtes Korkkugeln würde dies nach allen Seiten hin gleichförmig thun; es muß also in Ruhe bleiben. Bei zweien oder mehrern sich berührenden hingegen muß jene Tendenz nach der äußern Seite hin stärker seyn, als nach der andern, und sie scheinen also einander abzustößen. Die Erklärung ist nicht schwieriger, wenn die Korkkugeln auch negativ electrifizirt sind. Sie streben dann ihren Mangel der Electricität aus der umgebenden Luft zu ersetzen, und scheinen sich also abzustößen, da doch eigentlich auch hier die electrische Atmosphäre auf ihrer äußern Seite ihre Entfernung bewirkt. Man braucht also keine Zuflucht gar nicht zu der Luft zwischen ihnen zu nehmen, was in dem Falle, da sie sich erst berühren, nicht einmal anginge. Bei zwei ungleichnamig electrifizirten, isolirten, leicht beweglichen, leitenden Körperchen, die einander genähert werden, muß, wie man nun leicht einsieht, das Streben nach der innern Seite zu stärker, als nach der äußern Seite der Wirkungskreise seyn, und sie müssen sich also einan-

der nähern, oder den Erfolg des zweyten Gesetzes zeigen.

§. 1327. Das wechselseitige Schwingen eines leicht beweglichen isolirten Leiters zwischen einem electrifirten und nicht electrifirten Körper, oder zwischen zwey ungleichnamig electrifirten Leitern, wie der Tanz papierner Puppen, das electrische Glöckenspiel, bedürfen nun keiner weitern Auseinandersetzung, sondern fließen aus dem Angeführten von selbst.

Die verstärkte Electricität.

§. 1328. Wenn man in ein Zuckerglas, das auswendig und inwendig, bis einige Zoll unter seinem Rande, mit Stanniol überzogen ist, und das auf einem leitenden Tische steht, von dem Conductor der Maschine einen Metalldraht bis auf den Boden des Glases herabhängt, und dann electrifirt, hierauf aber den äußern Ueberzug des Glases mit der einen Hand, den Draht, oder den Conductor der Maschine, mit welchem der innere Ueberzug noch in leitender Verbindung ist, mit der andern Hand anfaßt, so entsteht nicht allein ein sehr lebhafter, mit einem Geprassel hervorbrechender Funken, sondern man empfindet auch eine Erschütterung in den Gelenken beider Arme. Einen ganz ähnlichen Erfolg hat es, wenn man das Glas nach dem Electrificiren von der Maschine abnimmt, und dann beyde Ueberzüge zugleich berührt.

§. 1329. Dieser merkwürdige Versuch heißt der *Kleist'sche Versuch*, weil ihn Hr. von Kleist zuerst (1745.)

(1745.) anstellte; **Candius**, **Allemand** und **Muschenbroeck** machten ihn ebenfalls (1746.), und daher heißt er auch der **Leidensche**, oder der **Muschenbroecksche Versuch**. Sonst wird er wegen seiner Wirkung auch der **Erstütterungsversuch** genannt. Die dazu vorgeschickte Flasche heißt die **Leidner**, oder die **Aleissische**, oder die **Erstütterungsflasche**; und die **Electricität**, welche sie hat, die **verstärkte Electricität**.

§. 1330. Anfangs nahm man dazu eine gläserne Flasche, die man etwa bis zur Hälfte mit Wasser füllte, und mit einem Kork verstopfte, durch welchen ein Metalldraht bis ins Wasser der Flasche ging. Man electricisirte diesen Draht durch Mittheilung, während daß man die Flasche in der Hand hielt, oder in anderes Wasser etwa zur Hälfte einsetzte, in welches die Person, welche den Versuch anstellen wollte, einen Draht steckte. Man fand nachher, daß jede andere gut leitende Substanz die Stelle des Wassers in der Flasche vertreten könne, als: **Quecksilber**, **Eisenfeil**, u. dergl., und endlich sah man ein, daß dazu ein leitender Ueberzug der äußern und innern Fläche des Glases bis einige Zoll unter dem Rande desselbigen hinreichend sey, und alles leiste, und daß es auf die Figur des Glases nicht ankomme, sondern daß auch eine Glas Tafel selbst dazu vorgerichtet werden könne.

Die electricisirte Weinkflasche.

Das electricisirte Trinkwasser.

§. 1331. Dieser Ueberzug des Glases heißt die **Belegung** (**Armatura**), und das damit versehene

Es 2

Glas

1. Glas die belegte Flasche oder die belegte Glastafel. Man wählt zu diesen Belegungen dünne Metallblätter, die aber nicht durchlöcherig seyn müssen; gewöhnlich Stanniol, den man mit Haufenblase oder Gummirwasser aufklebt. Man muß hervorragende Ränder so viel als möglich verhüten, und alles recht ebenen und glatt machen. Der Rand der Flasche oder der Glastafel muß allemal auf beyden Seiten, bey größern wenigstens mehrere Zolle, frey und unbelegt bleiben.

Eine vortheilhafte Methode, die Flaschen zu belegen, lehrt Hr. Bohnenberger; (Beyträge zur theor. u. pract. Electricität. St. IV. S. 151. ff.

§. 1332. Statt des Glases kann jeder andere nicht-leitende Körper dienen, wenn er nur nicht zu dick ist, seine beyden gegen einander über liegenden Flächen mit leitender Materie belegt, und die Ränder dieser Belegung einander nicht zu nahe sind.

Wenn ein Leiter sich in dem Wirkungsraume eines andern Leiters befindet, so ist dies allerdings als eine Belegung der Luftschicht dazwischen anzusehen.

§. 1333. Die eine Belegung der Flasche oder der Glastafel wird am besten durch Mittheilung electricisirt; die andere Belegung muß aber nicht isolirt, sondern mit andern leitenden Materien in Verbindung seyn, wenigstens muß sie im erstern Falle zu wiederholten Malen mit einer Substanz berührt werden, wenn die von ihr aufzunehmende Electricität stark werden soll; ist diese andere Belegung ganz isolirt, so wird die Flasche oder die Glastafel gar nicht geladen werden. Am schnellsten geschieht die Electricirung

streuung der Kleist'schen Flasche dadurch, daß man die eine Belegung mit dem isolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maschine in leitende Verbindung setzt.

§. 1334. Die Kleist'sche Flasche oder die Glaskapfel heißt in dem Zustande, daß sie den Erschütterungsfunken giebt, *geladen* (*Vitrum oneratum*), und ihre *Entladung* (*exoneratur*) geschieht, wenn man die innere und äußere Belegung durch leitende Materie in Verbindung setzt. Wenn sich mehrere Personen zusammen anfassen, und die erste die äußere Belegung, oder eine daran befestigte Kette hält, die letzte aber die innere Belegung oder den damit verbundenen Leiter berührt, so bekommen sie alle die Erschütterung. Bei einer schwachen Ladung der Flasche, und wenn der Personen, die sich anfassen, sehr viele sind, (oder der Erschütterungskreis sehr groß ist,) und zumal auf feuchtem Boden stehen, empfinden aber auch oft nur wenige, die an den beiden Enden stehen, die Erschütterung.

Das Franklin'sche Zaubergemälde, der Hochverrath, und die Verchwörung.
Die electrische Thüre.

§. 1335. Die Geschwindigkeit der Electricität bei dem Entladen der Flasche ist erstaunend groß. — Wenn die leitende Substanz, durch welche der Erschütterungsfunken gehen soll, nicht ganz zusammenhängend ist, sondern aus mehreren an einander stehenden, sich nicht berührenden, leitenden, Körpern besteht, so entstehen zwischen dieser Unterbrechung Funken.

§. 1336.

§. 1336. Wird die Flasche überladen, so entladet sie sich auch von selbst über den unbelegten Rand, und manchmal wird dadurch auch das Glas zerschmettert.

§. 1337. Die Stärke der Ladung hängt bey übrigens gleichen Umständen von der Größe der Belegung ab. Die Dicke des Belegs trägt zur Stärke der Ladung nichts bey. Sonst ändern aber auch zufällige Umstände die Stärke der Ladung sehr ab; wie z. B. die mehr oder weniger isolirende Eigenschaft des Glases, die von seiner größern oder geringern Dicke, von seiner Reinigkeit, und auch von seiner Temperatur abhängt; mehrere oder mindere Trockenheit der Luft, die Continuität der Belegungen, und ihre verschiedene glatte Oberfläche.

§. 1338. Es giebt zwar allerdings für eine Electrifikationsmaschine von bestimmter Wirksamkeit ein gewisses Maximum der Dicke des Glases, wenn es nach der Belegung der electrischen Ladung fähig seyn soll; es ist aber auch gewiß, daß zu dünnes Glas nicht diejenige Stärke der Ladung, ohne zerschmettert zu werden, aushält, die ein dickeres Glas bey übrigens gleichen Umständen aushalten kann. Hr. Bohnenberger hat sehr schätzbare Erfahrungen über die vortheilhafteste Dicke der Gläser und Höhe des unbelegten Randes derselben mitgetheilt.

J. C. Bohnenberger über die Ladung des dicken Glases; in seinen Beyträgen zur theoretischen u. practischen Electricitätslehre. Erstes St. Stuttg. 1793. S. 1. ff. Zweytes St. 1793. S. 11. ff.

§. 1339. Bei gleicher Leitungskraft nimmt übergangs der Erschütterungsfunken in der Entladung allemal den kürzesten Weg.

Der Auslader.

Cavallo a. a. D. S. 139.

Lenz's allgemeiner Auslader.

Cavallo a. a. D. S. 137.

§. 1340. Der leitende Körper, durch welchen der Erschütterungsfunken oder der Schlag geht, wird nicht electrificirt, wenn er auch isolirt ist.

§. 1341. Nach der ersten Entladung zeigt die Flasche noch einen geringen Erschütterungsfunken, wenn man beide Belegungen zusammen berührt.

§. 1342. Wenn die geladene Flasche oder belegte Tafel vollkommen isolirt ist, so zeigt keine Belegung einzeln einen Funken; wenn man sie berührt. Bei einer trockenen Luft verliert sie auch in länger Zeit ihre Electricität nicht. Sie behält sogar ihre Ladung, wenn man die dazu eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch isolirte Körper trennt; und zeigt sie wieder, wenn man diese oder andere wieder anbringt, und gehörig durch leitende Mittel in Verbindung setzt. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann man zu wiederholten Malen aus der innern Belegung der geladenen Flasche Funken ziehen.

§. 1343. Wenn man einen gekrümmten und an beiden Enden zugespitzten Draht der innern und äußern Belegung zugleich entgegen hält, so wird die Kleistsche geladene Flasche, oder die belegte Blasta-

fel,

fel, ohne den Erschütterungsfunkten entladen, und vielmehr mit einem zischenden Ueberströmen. Hat man die Flasche durch den Conductor der Glasmaschine geladen, so zeigt sich an der Spitze des Drahtes, die der innern Belegung zugekehrt ist, ein leuchtender Stern, wie bey der positiven Electricität (§. 1278.), an der der äußern Belegung zugekehrten Spitze aber ein Feuerbüschel, wie bey der negativen Electricität.

§. 1344. Man findet ferner allemal, daß die äußere Belegung der geladenen Kleistichen Flasche die entgegengesetzte Electricität der innern Belegung oder daß sie die negative hat, wenn die innere die positive besitzt, und umgekehrt. Zwischen einem mit der äußern Belegung in leitende Verbindung gebrachten leitenden Körper und einem mit der innern Belegung verbundenen isolirten spielt ein leicht beweglicher isolirter leitender Körper hin und her, und entladet da durch die Flasche allmählig.

Auf diese Art dauert ein electrisches Blodenspiel eine beträchtliche Zeit lang.

§. 1345. Wenn man eine Kleistische Flasche isolirt, und ihre äußere Belegung mit der innern Belegung einer andern, die nicht isolirt ist, in leitende Verbindung setzt, und dann ihre innere Belegung electrifizirt, so werden beyde Flaschen geladen, und zwar mit ähnlichen Electricitäten. Auf diese Art kann man auch mehrere Flaschen durch einander laden. Allein man findet, daß jede folgende eine immer schwächere Ladung hat, als die vorhergehende.

§. 1346.

§. 1346. Man kann endlich auch mehrere Flaschen, deren innere Belegungen unter einander in leitender Verbindung sind, so wie ihre äußern, durch den Conductor der Maschine laden, da dann natürlicher Weise bey der Entladung aller dieser Flaschen auf einmal auch der Funken, das Geräusch und der Knall, mit welchem es hervorbricht, und die Kraft, die er äußert, um so beträchtlich größer werden, als die Größe der Belegung bey übrigens gleichen Umständen zunimmt. Die auf diese Art verbundenen Flaschen machen die so genannte electrische Batterie aus.

Eine vortheilhafte Einrichtung, die Flaschen einer electrischen Batterie so mit einander zu verbinden, daß nicht nur ihre Behandlung sehr bequem, sondern auch dem Ausströmen der electrischen Materie möglich begegnet ist, beschreibt Herr Bohnenberger.

Bohnenbergius Syst. zur theor. u. pr. Electr. St. I. S. 69. ff.

§. 1347. Zu den auffallendsten Wirkungen der verstärkten Electricität belegter Flaschen gehört:

- 1) Die Entzündung einiger entzündlicher Substanzen; wie des Wasserstoffgas, des Alcohols, des Aethers, des Colophoniums, der Baumwolle, des Schießpulvers.
- 2) Das Schmelzen dünner Metalldrähte.
- 3) Die Tödtung kleiner Thiere, und die Vernichtung aller Reizfähigkeit in den Theilen, durch welche der hinlänglich starke Funke geht.
- 4) Die Durchbohrung mehrerer Kartenblätter, mehrerer Bogen Papier, der Eyer, der Glasescheiben.

§. 1348.

§. 1348. Alle diese bisher vorgetragenen Wirkungen und Erscheinungen der Kleist'schen Flasche, ihre Ladung und Entladung, lassen sich aus den oben angeführten Gesetzen der Electricität (§. 1302. 1305. 1310.), und aus dem Satze: daß dünne Nichtleiter die Vertheilung der Electricität nicht, wohl aber ihre Mittheilung und ihren Uebergang, aufhalten (§. 1312.), leicht erklären. Wird nämlich die innere Belegung durch Mittheilung positiv electrifizirt, so bewirkt die darin angehäuften electrische Materie, vermittelst ihrer Repulsionskraft, eine electrische Atmosphäre im Glase das deshalb nicht zu dick seyn darf, und die natürliche electrische Materie der äußern Belegung wird abgestoßen. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann das daraus abgestoßene electrische Fluidum nicht abgeführt werden; es wirkt also durch seine eigene Repulsionskraft auf das in der innern Belegung zugeführte electrische Fluidum zurück, verhindert dessen Anhäufung daselbst, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 1333.). Jetzt erklärt sich auch, warum man während des Ladens der isolirten Flasche einen Funken erhält, wenn man die äußere Belegung mit einem Leiter berührt, und warum so durch öfteres Berühren derselben die Flasche geladen werden kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann ihre abgestoßene natürliche electrische Materie abgeführt, es kann folglich die in der innern Belegung zugeführte daselbst angehäuften, und die Flasche kann geladen werden. So viel electrische Materie der innern Belegung zugeführt wird, so viel wird dadurch aus der äußern Belegung abgestoßen. So viel also

also die innere Belegung einen Ueberschuß an electrischer Materie empfängt, so viel erleidet die äußere darin an Verlust. Es folgt hieraus: daß die äußere Belegung negativ electrisirt seyn muß, während die innere es positiv ist, wie auch die Erfahrung lehrt (§. 1344.); daß man eine Flasche durch die andere zugleich laden könne (§. 1345.); und daß nach der Ladung die Quantität des electrischen Fluidums in beyden Belegungen nicht größer oder kleiner ist, als vor der Ladung, wenn anders die Belegungen gleichen leitenden Flächenraum haben, welches keinesweges der Fall ist, wenn die geladene Flasche mit ihrer innern Belegung noch mit dem Conductor der Maschine in leitender Verbindung ist.

§. 1349. Wird die innere Belegung der Flasche negativ electrisirt, so wird ihr von ihrer natürlichen electrischen Materie entzogen. Die natürliche electrische Materie der äußern Belegung strebt dann diesen Mangel zu ersetzen, und die äußere Belegung zieht also von den berührenden Leitern so viel electrische Materie an, als die innere Belegung davon verliert. Die äußere Belegung wird also in diesem Falle positiv electrisirt, und die abstoßende Kraft dieser darselbst angehäuften electrischen Materie verstatet die Entziehung derselben von der innern Belegung. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann die Flasche nicht geladen werden, weil die sehr verstärkte Anziehung der Materie der äußern Belegung zum electrischen Fluidum die Entziehung desselben von der innern Belegung hindert.

§. 1350. Man sieht also, daß nach dem Franklinischen Systeme in der Erklärung der Ladung der Flasche alles, wie bey der Erklärung der electricischen Wirkungskreise und ihres Gesetzes (§. 1318. f.), auf abstoßende und anziehende Kraft zurückgebracht werden kann.

§. 1351. Die auf die eine oder andere Art geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegungen keine Electricität, weil die anziehende Kraft der negativen Belegung zu der auf der positiven Belegung angehängten electricischen Materie schon durch diese ins Gleichgewicht gebracht ist, und deshalb aus dem berührenden Leiter keine electricische Materie weiter angeht; die electricische Materie auf der positiven Belegung durch diese Anziehung der negativen Belegung in ihrer abstoßenden Kraft ebenfalls ins Gleichgewicht gebracht ist, und sich also keinem berührenden Leiter weiter mittheilen kann. Bringt man aber beide Belegungen in leitende Verbindung, so geht der Ueberschuß der electricischen Materie der positiven Seite auf die negative Seite gänzlich über, und der natürliche electricische Zustand beider Belegungen wird wieder hergestellt. Muß der electricische Strom hierbey die Luft durchbrechen oder durch einen Nichtleiter gehen, der ihm nicht Widerstand genug entgegensetzen kann, oder kann der Leiter den ganzen Strom nicht fassen, so entsteht Explosion. Zugleich erhellt hieraus, warum der Durchgang des electricischen Stroms
durch

durch den isolirten ausladenden Leiter diesen nicht electrificirt (§. 1340.).

§. 1352. Nach dem dualistischen Systeme läßt sich die Erklärung der Ladung und Entladung der belegten Flasche und der begleitenden Phänomene ebenfalls leicht geben. Wird nämlich die innere Belegung durch Wirttheilung electrificirt, z. B. $+E$, so stößt die dem Glase zugeführte Electricität die gleichnamige der äußern Belegung ab und bindet die ungleichnamige oder das $-E$. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann sie ihr abgestoßenes $+E$ nicht fahren lassen, und ihr $-E$ wird nicht frey, folglich kann auch die innere Belegung kein $+E$ erhalten, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 1333.). Berührt man aber die äußere isolirte Belegung, während daß der innern $+E$ zugeführt wird, mit dem Finger, so erhält man einen Funken, indem nun das abgestoßene $+E$ sich mit $-E$ aus dem Finger sättigen kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann dieses $+E$ stets abgeführt und die Flasche völlig geladen werden. Die geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegung keine Funken, weil das $+E$ der einen Seite durch das Glas hindurch hindert, daß das $-E$ der andern Seite sich nicht mit neuem $+E$ aus dem berührenden Leiter sättigen kann, und auch das $-E$ der einen Seite nicht zuläßt, daß das $+E$ der andern Seite frisches $-E$ sättige. Bringt man aber beyde Belegungen in leitende Verbindung,

bindung, so fällt diese Urfach weg, und beide entgegengesetzte Electricitäten sättigen sich nur durch wirklichen Uebergang, da sie sich vorher nur banden, und es entsteht der Erschütterungsfunken. Zugleich erhellet aber auch hieraus, warum dieser dem isolirten Leiter, durch welchen er geht, keine Electricität ertheilt (§. 1340.). Eben so läßt sich auch daraus einsehen, warum man nach §. 1345. eine Flasche durch die Belegung einer andern electrificiren kann.

§. 1353. Die Electricitäten haften eben so gut in der Fläche des Glases selbst, so wie auf der Belegung, und daher zeigt auch das Glas, von der isolirten Belegung durch isolirnde Körper getrennt, und mit neuer Belegung versehen, noch Ladung (§. 1342.), und giebt aus eben diesem Grunde nach der ersten Entladung noch einen zweyten schwächern Erschütterungsfunken (§. 1341.).

Der Electrophor.

§. 1354. Wenn man einen dünnen, glatten und trockenen Harzkuchen, der in einer metallenen Schüssel liegt, mit einem Rahenfelle reibt, und dann ein rundes Bret, das mit Stanniol überzogen, und im Durchmesser kleiner ist, als der Kuchen, vermischt seidener Schnüre auf den geriebenen Kuchen setzt, und dasselbe mit dem Finger berührt, so entsteht ein kleiner Funken; und hebt man dann den Kuchen an den seidenen Schnüren wieder isolirt in die Höhe, und berührt

rührt ihn hier wieder, so erhält man wieder einen Funken: und dies kann man sehr lange Zeit immer wiederholen.

§. 1355. Diese Vorrichtung heißt ein **Electrophor** oder beständiger Electricitätsträger (*Electrophorus perpetuus*), den Hr. Volta zuerst 1775 bekannt machte, Herr Wille aber schon 1762 unter einer etwas andern Gestalt erfunden hat. Die wesentlichen Theile des Electrophors sind: 1) der Kuchen; 2) die Form, oder der Teller, oder die Schüssel; 3) der Deckel. Die beyden erstern zusammen heißen auch die **Basis**.

Volta, in den *Scelta di opuscoli interessanti*. T. IX. S. 91, und T. X. 37. Lettre de Mr. Alex. Volta sur l'electrophore perpetuelle de son invention, in *Rozier observations sur la phys.* T. VII. S. 21. ff.

Wille von den entgegengesetzten Electricitäten, in den *Schwed. Abh.* S. XXIII. S. 271. ff.

Jagenhousz Anfangsgründe der Electricität, hauptsächlich in Beziehung auf den Electrophor, in seinen vermischten Schriften, S. I. S. 1. ff.

§. 1356. Der Kuchen des Electrophors kann eine jede nicht-leitende Platte seyn, z. B. Glas, Pech, Siegellack, in welchen die Electricität durch Reiben mit schicklichen Materien ursprünglich erregt werden kann, nur muß sie nicht zu dick seyn. Am gewöhnlichsten nimmt man dazu harzige Materien, und das gemeine weiße oder schwarze Pech oder Colophonium dient recht gut, wenn man es durch etwas zugesetzten Terpenthin in der Sprödigkeit vermindert hat.

§. 1357. Man gießt das gleichförmig geflossene Harz in die Form, die aus einer leitenden Masse bestehen muß, und aus einer runden entweder metallenen, z. B. messingenen, oder auch hölzernen mit Stanniol auf beyden Seiten gehörig belegten Scheibe mit einem aufwärts gebogenen, inwendig $2\frac{1}{2}$ Linie hohen, Rande gemacht wird. Der Rand und die Eden des Tellers müssen wohl abgerundet seyn. Man gießt so viel geschmolzenes Harz hinein, daß es mit dem Rande gleich hoch steht; dieser aber doch unbedeckt bleibt. Die Oberfläche des Kuchens muß vollkommen glatt, ohne Blasen und Risse, und ohne Vermengung mit leitenden Materien seyn, und seine untere Fläche muß die obere leitende Fläche der Form oder des Tellers allenthalben genau berühren.

§. 1358. Der Deckel, den man auch wohl wegen der Gestalt, die ihm einige geben, die **Trommel**, sonst aber auch den **Conductor** nennt, muß 1) aus einer stark leitenden Substanz bestehen. Man nimmt dazu entweder eine zinnerne, oder auch eine hölzerne, gehörig abgerundete, und mit Stanniol ganz glatt überlegte, runde Scheibe, deren Durchmesser nach der Größe des Kuchens mehrere Zolle kleiner ist, als der des Kuchens. Um ihn 2) isolirt auf dem Kuchen zu setzen oder davon abnehmen zu können, dienen seidene Schnüre von hinreichender Länge, die man an seinem Rande oder in der Fläche selbst befestigt hat: oder auch ein in derselben Mitte angefütteter gläserner Handgriff.

§. 1359. Man erregt die Electricität des Ruchens am besten, wenn man ihn erst etwas weniges erwärmt, und dann mit einem trockenen warmen Katzenfelle oder Fuchsschwanz peitscht, und zwar wird diese Electricität am grössten, wenn die Form nicht isolirt ist. Wenn sie also auf einem mit Wachstuche beschlagenen, oder sonst nicht gut leitenden Tische steht, so muß man noch eine metallene Kette vom Rande der Form herab hängen lassen.

§. 1360. 1) Wenn man den Deckel auf den geriebenen Harzkuchen vermittelst der seidenen Schnur aufsetzt, und dann mit dem Finger berührt, so erhält man einen kleinen Funken.

§. 1361. 2) Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung stehendes Electrometer zeigt Electricität, wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen setzt, und hat negative Electricität, wenn der Kuchen negativ hatte; immer die gleichnamige des Ruchens.

§. 1362. 3) Nach dem Berühren des isolirt aufgesetzten Deckels mit dem Finger zeigt das Electrometer keine Electricität an, und es ist nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität im Deckel weiter zu spüren.

§. 1363. 4) Hebt man den Deckel unberührt und isolirt wieder in die Höhe, so zeigt das Electrometer keine Electricität darin weiter an, wenn der Deckel gehörig weit vom Kuchen entfernt wird, und

gibt keinen Funken bey der Berührung mit dem Finger; den er auf dem Kuchen liegend sogleich giebt.

§. 1364. 5) Berührt man mit einem Finger die nicht: isolirte Form des Kuchens, und mit dem andern den isolirt darauf gelegten Deckel, so erhält man einen Erschütterungsfunken, und dann ist alles wieder todt.

§. 1365. 6) Wenn man aber den Deckel, der nach dem Berühren auf dem Kuchen keine Electricität weiter zeigt, in den seidenen Schnüren in die Höhe zieht, so zeigt das Electrometer gleich wieder Electricität. Man erhält beym abermaligen Berühren in der Höhe einen stechenden Funken, und zwar stärker, wenn man den Deckel vorher nach §. 1364., als nach §. 1360. berührt hat.

§. 1366. 7) Das Electrometer zeigt in dem berührten und isolirt aufgehobenen Deckel positive Electricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die entgegengesetzte Electricität des Kuchens.

§. 1367. 8) Wenn der Deckel nach dem Berühren auf dem Kuchen isolirt in die Höhe gehoben, und ohne in der Höhe berührt worden zu seyn, wieder auf den Kuchen gelegt wird, so bleibt kein Zeichen der Electricität, während daß der Deckel auf dem Kuchen liegt; sie zeigt sich aber sogleich, wenn der Deckel wieder isolirt in die Höhe gehoben wird.

§. 1368. 9) Wenn die Basis isolirt ist, so erhält man einen stechenden Funken, wenn man den auf

f den Kuchen isolirt gelegten Deckel berührt, der nicht so stark ist, als wenn die Basis nicht isolirt (§. 1360.), sonst aber ebenfalls einen Erschütterungsfunkten, wenn man die Form und den Kuchen leicht berührt.

§. 1369. 10) Wenn man in diesen Fällen den Deckel isolirt in die Höhe hebt, so ist er electrifirt, gleich ist es aber auch die Form, und zwar ist sie hartig mit der Electricität des Kuchens.

§. 1370. 11) Läßt man den in der Höhe gehaltenen Deckel zum andern Male auf die isolirte Basis, dem man das erstere Mal Form und Deckel zu berührt hatte, so ist bey der zweyten ähnlichen Führung der Erschütterungsfunkten nur schwach, gar nicht da.

§. 1371. 12) Wenn man die Basis, noch ehe den Kuchen durch Reiben electrifirt hat, isolirt, Deckel auflegt, ihn mit dem Finger oder einem nicht-isolirten Leiter berührt, während man Schüssel durch eine Electrirmaschine positiv elect, so wird der Electrophor zu allen bis jetzt angezeigten Erscheinungen tüchtig gemacht, als wenn man ihn mit dem Fuchsschwanz geschlagen hätte. Sieht leicht, daß bey diesem Versuche der Electrophor als eine geladene Harztafel angesehen werden

1372. Man kann den Electrophor als eine Electrirmaschine brauchen, und die nöthigsten electrischen

sehen Versuche mit ihm anstellen, da die Electricität eines Ruchens eine lange Zeit dauert, wenn man ihn vor Feuchtigkeit bewahrt. Man kann mit dem Deckel, wenn man ihn nach dem Berühren und Aufheben dem Knopfe einer leidner Flasche nähert, die nach und nach laden, indem man ihre äußere Belegung mit leitender Materie verbindet, oder auch in der Hand hält; auch auf die entgegengesetzte Art laden, indem man sie an dem Knopfe faßt, und die Funken aus dem Deckel in ihre äußere Belegung schlagen läßt.

§. 1373. Durch eine geladene Flasche kann man nun auch die Electricität des Electrophors selbst verstärken; wenn er nämlich mehr negative Electricität haben soll, so stellt man die auf der innern Seite positiv geladene Flasche auf den Ruchen, und führt sie, indem man sie bey dem Knopfe faßt, auf dem Ruchen hin und her.

§. 1374. Die Erscheinungen des Electrophors lassen sich sämmtlich sehr glücklich aus den electricischen Wirkungskreisen erklären und dienen auch zugleich, um die angeführten Gesetze der Electricität ins Licht zu setzen. Jeder geriebene Electrophor ist mit seinem darauf liegenden Deckel als eine geladene und belagte leidner Flasche oder Glastafel anzusehen, und verhält sich auch wie diese. Wird nämlich der Harzfuchen mit dem Fuchschwanz gerieben, so wird er negativ electrificirt, d. h., es wird ihm von seiner natürlichen electricen Materie entzogen; und weil dünne Nicht-

leiter

Wider der Vertheilung der Electricität nicht widerstehen (§. 1312.), so strebt die electrische Materie der Schüssel, die als die untere Belegung der Harztafel anzusehen ist, diesen Mangel zu ersetzen, und zieht daher aus den berührenden Leitern verhältnismäßig so viel electrische Materie an, als die obere Fläche verliert; und es ist hier alles so, wie, bey der Ladung einer Glasche, die auf ihrer innern Seite mit negativer Electricität versehen wird (§. 1349.). Man sieht zugleich hieraus, warum die Basis nicht isolirt und der Harzkuchen nicht zu dick seyn muß. Der geriebene Harzkuchen hat also nun auf seiner obern Fläche negative Electricität, während die Form die positive hat; beyde Electricitäten binden sich aber wechselseitig. Wenn der leitende Deckel isolirt auf den Kuchen gelegt wird, so strebt die natürliche electrische Materie desselben, sich in den negativ-electrisirten Kuchen zu ergießen, und es entsteht in dem Deckel Electricität durch Vertheilung; die obere Fläche wird negativ, während die untere positiv ist. Ist die Basis isolirt, so wird durch die positive Electricität der Form die negative der obern Fläche des Kuchens in ihrer Thätigkeit gehemmt, und daher ist die negative Electricität der obern Fläche des Deckels nur schwach. Berührt man aber die isolirte Form und den aufliegenden Deckel zugleich, so kann die Form ihre angehäuften electrischen Materie entlassen, die sich in die obere Fläche des Deckels gleichförmig ergießt; die Anziehung der negativen Fläche des Kuchens kann nun freyer auf die natürliche electrische Materie des Deckels wirken, und sie

sie nach seiner untern Fläche ziehen. Man sieht nun leicht, warum man in dem angeführten Falle einen Erschütterungsfunken erhält; man sieht aber auch, warum man diesen erhält, wenn die Basis nicht isolirt ist, und diese und der Deckel zugleich berührt werden. Wenn man den Deckel auf den geriebenen Kuchen, dessen Basis nicht isolirt ist, isolirt gelegt hat, und ihn mit dem Finger berührt, so entsteht ein Funken, weil sich aus dem berührenden Finger electricische Materie in die negative obere Fläche des Deckels ergießt. Nun ist alle Electricität wieder vor-
 ben. Setzt man aber jetzt den Deckel isolirt in die Höhe, so ist er positiv electrifirt, weil sich die auf der untern Fläche vorher angehäuften electricische Materie über den ganzen Deckel verbreitet, und seine obere Fläche ihren Mangel durch Berührung mit dem Fingern schon ersetzt hat. Bei dem Wiederauflegen des in der Höhe isolirt gebliebenen (unberührten) Deckels auf dem Kuchen, muß nothwendig alle positive Electricität desselben wieder verschwinden, so wie gleicher Maaßen bei dem Aufheben des Deckels von dem Kuchen, der während seinem Daraufliegen nicht berührt worden ist, sich keine negative Electricität darin äußern kann. — Wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen gelegt hat, dessen Schüssel isolirt ist, so geht bei gleichzeitiger Berührung des Deckels und der Schüssel, wie schon gesagt ist, die jetzt thätige natürliche electricische Materie der Schüssel in den Deckel über, um den Mangel desselben auf der Oberfläche zu ersetzen; und daraus erhellet nun, warum
 nach

nach dem Abheben des Deckels auch die Form negativ electrisirt ist (§. 1369.), und warum der Erfolg es §. 1370. nachher eintritt. Die Ladung des Electrophors auf die §. 1371. angeführte Weise bedarf einer Erklärung, da sie aus der Ladung der belegten Flasche und dem (§. 1312.) angeführten Satze folgt. So lassen sich also alle Erscheinungen des Electrophors im Franklinischen Systeme gemäß genugsuend, und aus bloß anziehenden und abstoßenden Kräften erklären.

§. 1375. Nach dem dualistischen Systeme ist die Erklärung folgende. Wird der Harzkuchen gerieben, so wird sein natürliches — E auf der obern Seite frey, und da dünne Nichtleiter der Vertheilung der Electricität nicht widerstehen, so bindet dieses — E gleich viel + E auf der andern Fläche des Kuchens, und stößt das — E dieser Seite aus. Ist die Basis nicht isolirt, so geht dieses — E frey aus, oder sättigt sich aus den leitenden Körpern mit andern + E. Setzt man den isolirten Deckel auf den Kuchen, so bindet das — E der obern Seite des letztern das + E des Deckels, so bald er in seinen Wirkungskreis kommt, und das — E des Deckels wird frey und nach der obern Seite zu ausgestoßen. Daher zeigt nun der Deckel, während daß er auf dem Kuchen liegt, auf der obern Seite — E. Berührt man ihn hier mit dem Finger, so sättigt sich dieses freye — E mit + E aus demselbigen und es entsteht ein Funken; nun scheint aber alles wieder todt. Hebt man aber den Deckel nach diesem Berühren an seinen Schnüren in
die



die Höhe, so wird das $+E$ der untern Seite befestigen, das vorher durch das $-E$ des Ruchens gebunden war, wieder frey, wenn es außer den Wirkungsfreis des Ruchens kommt, und der Deckel hat jetzt eigentlich $+E - E + E = +E$, ist also positiv electrifirt, und giebt bey'm Berühren mit dem Finger einen Funken, oder sein freyes $+E$ sättigt sich mit $-E$ aus dem Finger. Legt man den Deckel, ohne ihn in der Höhe berührt zu haben, wieder auf den Ruchen, so bindet das $-E$ des letztern das $+E$ des erstern, und es ist keine Electricität weiter zu spüren. Wenn die Basis isolirt ist, so kann das $+E$ der Form nicht abgeführt werden. Denn wenn die obere Seite des Ruchens $-E$ hat, so bindet dieses gleich viel $+E$ der untern Seite; dieses $+E$ wirkt aber auch zugleich auf die innere Seite der Form und stößt das $+E$ derselbigen ab, und zieht das $-E$ an. Wird der Deckel auf den Ruchen gelegt, so kann das nicht ganz freye $-E$ des Ruchens nicht so viel $+E$ des Deckels binden, folglich nicht so viel $-E$ frey machen, und daher ist bey der Berührung des Deckels der Funken nur schwach. Wenn aber Form und Deckel zugleich berührt werden, so ist der Fall anders, denn nun kann die Form ihr $+E$ sogleich entlassen, und also kann das $-E$ des Ruchens nun freyer wirken, und es entsteht der Erschütterungsfunken, indem sich das aus der Form abgeführte $+E$ mit dem freyen $-E$ der oberen Seite des Deckels sättigt. — Wenn aber auch die Basis nicht isolirt ist, so entsteht doch der Erschütterungsfunken, wenn man Deckel und Form zugleich

gleich berührt, eben weil die Form ihr $+$ E entläßt, indem die obere Seite des Buchens durch das $+$ E des Deckels beschäftigt wird.

Der Condensator, der Collector und der Duplicator der Electricität.

§. 1376. Auf die Lehre von den electricischen Wirkungskreisen gründet sich auch noch der Condensator der Electricität, eine Erfindung des Hrn. Volta, und ein sehr wichtiger Beytrag zum electricischen Apparate. Er ist dem Electrophor ähnlich, nur daß er nicht wie dieser aus einer isolirenden, sondern aus einer halbleitenden oder schlechtleitenden Platte besteht, auf welche der wohl abgerundete Deckel von Metall vermittelt seidener Schnüre gelegt wird.

Volta, in den *philos. transact.* Vol. LXXII. P. I.

§. 1377. Man macht diese Platte aus trockenem und reinem Marmor oder Alabaster, oder auch aus Holz mit Siegestack oder Firniß ganz dünne überzogen, u. dergl. halbleitender Materie. Der Deckel muß ganz genau an die Platte anschließen. Man kann auch eine Metallplatte mit Taffent auf ihrer unteren Seite überziehen, seidene Schnüre daran befestigen, und sie dann so ohne untere Platte brauchen, wenn man sie auf einen Tisch, Stuhl, Buch, und dergl. legt.

§. 1378. Vermittelt dieses Condensators kann man äußerst schwache Electricitäten, die sonst nicht bemerkbar seyn, oder, welche schnell und leicht verschwin-

schweben würden, merklich machen und sammeln, und er verdient daher auch den Namen eines *Mikroelectroscops* oder *Mikroelectrometers*.

§. 1379. Die Wirkung des Condensators beruht darauf, daß in einem electrisirten Körper, wenn ein anderer mit seiner natürlichen Electricität versetzter Körper in seinem Wirkungskreise ist, die Intensität seiner Electricität vermindert, und er folglich fähig wird, mehr Electricität anzunehmen, oder seine Capacität vermehrt wird. Diese Capacität wird bey der Berührung am größten, wenn nur dabey die wirkliche Mittheilung oder der Uebergang der Electricität verhütet wird, welches man erhält, wenn man den Körper ohne alle scharfe Ecken und Spitzen so glatt als möglich macht.

§. 1380. Wird also dem Deckel des Condensators Electricität zugeführt, z. B. positive, so bindet die Basis das electrische Fluidum mehr, die Intensität desselbigen wird vermindert, und die Capacität des Deckels wächst, und so kann sich immer mehr und mehr von der zugeführten Electricität sammeln, die unbemerktbar ist, so lange der Deckel auf der Basis ruht, aber sich sogleich zeigt, wenn man ihn an den seidenen Schnüren hinlänglich davon entfernt.

§. 1381. Um hierbey den wirklichen Uebergang der dem Deckel zugeführten Electricität in die Basis zu verhüten, wählet man eben zur letztern einen unvollkommenen oder Halbleiter, der diesem Uebergange der Electricität stark genug widersteht. Eine
völlig

völlig isolirte oder nicht leitende Basis würde nicht dienen, weil sie der Vertheilung der electrischen Atmosphäre zu sehr widersteht, und folglich die Capacität des darauf liegenden Deckels nicht vermehrt wird. Ein dünner isolirter Condensator ist daher ebenfalls auch unwirksam.

§. 1382. Durch den Condensator hat man entdeckt, daß bey verschiedenen Zerstörungen oder neuen Zusammensetzungen von Körperarten, woben Wärmestoff wirksam ist, sich Electricität entwickele, als bey der Ausdünstung des Wassers, beym Verbrennen der Kohlen, bey der Erzeugung von Wasserstoffgas und Salpetergas, bey der Erhitzung des menschlichen Körpers durch Bewegung, u. dergl. m. Ist die Electricität eines Körpers, den man untersucht, so schwach, daß der Condensator nur schwache Spuren davon zeigt; so kann man sie nach Hrn. Cavallo dadurch merklicher machen, daß man sie von dem größern Deckel an einen zweyten kleinern Condensator ersetzt, und sie solcher Gestalt noch mehr condensirt.

§. 1383. Gegen diesen Volta'schen Condensator hat Hr. Cavallo den freylich gegründeten Entwurf gemacht, daß durch die Operation mit demselben Electricität ursprünglich erregt, oder die Basis electrophorisch werden kann, wodurch dann allerdings die damit erhaltenen Resultate trügerisch ausfallen müssen. Allein Hr. H. R. Lichtenberg hat diesen Fehler durch folgende sinnreiche Einrichtung desselben völlig gehoben. Auf eine Metallplatte, wozu die äußere Seite
jedes

jedes flachen zinnernen Tellers gebraucht werden kann, werden 3 Stückchen Scheibenglas, so klein als man sie nur erhalten kann, etwa in der Größe des Buchstabens o, in einen ungefähr gleichseitigen Triangel gelegt. Auf diese 3 Glaspuncte wird nun der Teller des Condensators gesetzt, der sonst die metallene Unterlage nicht weiter berühren muß. Auf diese Art wird bloß eine dünne Luftschicht zwischen zwey Leitern erhalten, und dadurch der Zweck der Einrichtung des Condensators völlig erreicht, dabey aber der Fehler der gewöhnlichen Einrichtung vermieden. Es ist gut, die Platten vor jedesmaligem Gebrauch zu erwärmen.

Erlebens Naturlehre, von Hrn. Lichtenberg. 6. Aufl. S. 307 f.

§. 1384. Hiermit kommt auch der vom Hrn. Cavalli vorgeschlagene Electricitätsammeler oder Collector überein, der im Grunde der Lichtenbergische Condensator mit doppelter Luftschicht ist. Er besteht aus einer Zinnplatte, 13 Zoll lang und 8 Zoll breit, an deren kürzere Seitenränder zwey zinnerne Röhren, die an beyden Enden offen sind, angelöthet sind. In ein hölzernes Fußgestelle sind zwey gläserne, mit Siegellack überzogene, Glasfüße eingefüßt; ihre obern Enden sind in die untern Oeffnungen der zinnernen Röhren eingefüßt, so daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt ist. An das hölzerne Bodensstück, das die Zinnplatte trägt, ist auf beyden Seiten ein hölzerner Rahmen mit Hülfe eines Charniers befestigt, so daß diese Rahmen entweder mit der Platte parallel gestellt, oder horizontal

antal niedergelegt werden können. Ueber die innere Seite dieser Rahmen ist von der Mitte ihrer Höhe Goldpapier ausgespannt, das noch wirksamer mit innem Stanniol überzogen werden kann. Wenn die Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte nicht, sondern sind etwa $\frac{1}{2}$ Zoll davon ab. Sie sind auch etwas schmaler, als die Zinnplatte, um die inneren Röhren nicht zu berühren. Vermittelst eines oben angebrachten kleinen Brets mit einer Klammer können die Rahmen im verticalen Stande fest erhalten werden.

Beschreibung eines neuen electrischen Instruments, um eine zerstreute und wenig verdichtete Quantität der Electricität zu sammeln, von Hrn. Liberius Cavallo; aus den *philosoph. transac.* Vol. LXXVIII. S. 255. überf. im *Journal der Phys.* B. I. S. 275. ff.

§. 1385. Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch, in ein Fenster, oder an einen andern bequemen Ort. Man stellt ein Flaschenelectrometer daneben, welches durch einen Eisendraht mit einer von den inneren Röhren in leitender Verbindung ist. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und der electrisirten Substanz, deren Electricität man in der Zinnplatte sammeln will. Um z. B. die Electricität des Regens oder der Luft zu sammeln, stellt man das Instrument nahe an ein Fenster, und steckt das eine Ende eines langen Drahts in die Oeffnung der inneren Röhre, und läßt das andere Ende aus dem Fenster in die Luft hervortragen. Durch die nahe Nachbarschaft der leitenden Substanz der Rahmen

ren wird die Intensität der der Zinnplatte zugesetzten Electricität geschwächt, folglich die Capacität der Zinnplatte dadurch vermehrt, ohne daß ein wirklicher Uebergang der Electricität aus der Zinnplatte in die leitende Fläche der Rahmen erfolgen könnte. Werden nun die Rahmen horizontal niedergelegt, und so von der Zinnplatte entfernt, so wird die in der letztern vorher insensibel gemachte Electricität sehr frey, und die Kügelchen des Flaschenelectrometers divergiren. Durch eine an das letztere genäherte geriebene Einwickelstange kann dann die Natur der gesammelten Electricität leicht erforscht werden. — Eine zu schwache Electricität kann man dadurch bemerklich machen, daß man sie aus dem größern Collector an einen kleineren verlegt.

§. 1386. Der Zweck des Duplicators der Electricität, den Bennet erfunden, Cavallo verbessert, und dem Nicholson eine sehr sinnreiche, vortheilhaftere Einrichtung gegeben hat, besteht darin, eine geringe, sonst nicht bemerkbare, Quantität der Electricität so lange zu vervielfältigen, bis sie hinreichend wird, ein Electrometer zu afficiren, um so ihre Beschaffenheit zu erforschen. In Ansehung der Einrichtung des Werkzeuges verweise ich auf die unten angezeigten Abhandlungen. Bey dem Gebrauche desselben ist aber dahin zu sehen, daß das Werkzeug nicht noch Reste voriger Electricität enthalte, die sonst zu falschen Resultaten Anlaß geben könnten.

Von den Methoden, die Gegenwart kleiner Quantitäten des natürlichen oder künstlichen Electricität zu entdecken, und ihre

ihre Bekaffenheit zu erkennen, von *Über. Cavallo*; in *Strens Journ. der Phys.* B. I. S. 49. ff.

Beschreibung eines neuen electrischen Instruments, welches den doppelten Zustand der Electricität hervorbringt, von *Nicholson*; *ebendaf.* B. II. S. 61. ff.

Einige Erscheinungen der Electricität im luftleeren Raume.

§. 1387. Die Electricität läßt sich auch im luftleeren Raume erregen, und eine kleine Electrirmaschine unter der Glocke der Luftpumpe angebracht, liefert electrische Erscheinungen.

§. 1388. Die verdünnte Luft isolirt aber nicht sehr, sondern leitet sehr stark, und das electrische Licht breitet sich darin ungemein weit aus, und giebt den Dunkeln einen sehr hellen Glanz. Wenn man daher eine gläserne Kugel, die von Luft leer gepumpt ist, zum Reiber der Maschine nimmt, so erscheint sie im Dunkeln ganz mit Licht erfüllt. Das Leuchten der Barometer ist ebenfalls daher zu leiten.

Die electrische Schlange.

§. 1389. Wenn man eine gläserne Glocke, die oben mit einem metallenen Knopfe versehen ist, der mit mehrern Spitzen in die Glocke hinabsteigt, auf einem beweglichen Teller der Luftpumpe luftdicht aufsetzt, dann die Luft darin verdünnt, und im Dunkeln einen Funken in den Knopf der Glocke schlagen läßt, so breitet sich das electrische Licht in den ganzen Raum der Glocke aus. Dieses electrische Licht zeigt sich auch, wenn man die Wand der Glocke an den Knopf des electrificirten Conductors der Maschine hält, und

zwar entstehen anfangs helle Blitze, bis zuletzt alles mit Licht erfüllt ist.

Adams Verf. über die Electricität, S. 122. ff.

Einige besondere Arten der Electricität.

§. 1390. An dem Turmalin, einer Schiefer, hat man schon seit geraumer Zeit die Eigenschaft entdeckt, daß er, wenn er erwärmt oder auch abgekühlt wird, Electricität erhält, und zwar entgegengesetzte Electricitäten an entgegengesetzten Enden. Die Electricität äußert sich nach der Richtung seiner Achse, die durch die beiden Enden des Kryсталles geht, so daß diese die entgegengesetzte Electricität haben. Durch Reiben mit schieflichen Materien erhält er die Electricität, wie andere Nichtleiter. Sonst hat man die Eigenschaft, durch bloße Erwärmung, ohne Reiben, electrifizirt zu werden, noch an dem brasilianischen Topas, am kryсталlisirten Galmei, und am Topasit wahrgenommen.

Ich theile hier die Eigenschaften des Turmalins im Hinblick auf die Electricität nach Hrn. Cavallo (vollständige Abhandlung der Lehre von der Electricität, S. 26. ff.) mit:

- a) So lange der Turmalin in einerley Grade der Wärme gehalten wird, zeigt er keine Merkmale der Electricität. Er wird aber electrifizirt, wenn man ihn erwärmt oder erkühlt, und zwar in dem letztern Falle noch stärker, als in dem ersten.
- b) Die Electricität zeigt sich nicht auf seiner ganzen Oberfläche, sondern nur in der Gegend zweier entgegengesetzten Punkte, die man seine Pole nennen kann, welche allezeit in gerader Linie mit dem Mittelpunkte des Steines nach der Richtung seiner Blätter liegen; nach welcher Richtung er vollkommen undurchsichtig ist, ob er gleich nach der andern Richtung halbdurchsichtig erscheint.
- c) Während der Zeit, da der Turmalin erwärmt wird, hat der eine Pol A von ihm $+$ E, der andere Pol B $-$ E.

Wird er aber erkältet, so hat während der Zeit des Erkalstens $A + E$, und $B + E$. Wird der eine Pol mehr erwärmt, indem der andere mehr erkältet, so kann es kommen, daß beide Pole $+ E$ oder $- E$ haben.

- 4) Wird er erwärmt, und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine seiner Seiten berührt wird, so hat $A + E$, $B - E$, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.
- 5) Wenn der Turmalin auf einem isolirten Körper erwärmt oder erkältet wird, so wird dieser Körper eben so wohl, als der Stein, electrisirt, und erhält die entgegengesetzte Electricität von derjenigen, die sich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.
- 6) Die Electricität einer jeden oder beider Seiten kann sich in die entgegengesetzte verwandeln, wenn der Turmalin beim Erwärmen oder Erkälten verschiedene Substanzen berührt.
- 7) Wird der Turmalin in verschiedene Stücke zerschnitten, so hat jedes Stück seinen positiven und negativen Pol, einen jeden nach der positiven oder negativen Seite des Steins zu, aus welchem nun das Stück geschnitten hat.
- 8) Diese Eigenschaften des Turmalins zeigen sich auch im luftleeren Raume, aber nicht so stark, als an der Luft.
- 9) Canton hat an einem im Dunkeln erwärmten Turmalin während der Erwärmung ein sehr lebhaftes Licht wahrgenommen.

Experiments on the Turmalin, by Mr. Benj. Wilson; in den *philos. transact.* Vol. LI. P. I. S. 308. Recueil de differens mémoires sur la Tourmaline, publié par Mr. Franc. Ulr. Theod. Aspinus, à Pesebourg 1762. V. Wille Geschichte des Turmalins; in den schwed. Abhandl. B. XXVIII. S. 95 ff. B. XXX. S. 1. ff. und 105. ff. Torb. Bergman de vi electrica Turmalini; in seinen *opusc. physico-chem.* Vol. V. S. 402. ff.

Die Electricität des Boracits hat Herr Ladvy entdeckt. Er hat seine Versuche mit solchen Würfeln gemacht, wovon 4 Ecken so abgekumpft sind, daß jede Abkumpfungsfäche einer nicht abgekumpften Ecke gegen über steht, und wovon auch die zwölf Kanten des Würfels abgekumpft sind. Man kann in diesen Krysalen des Boracits vier verschiedene Achsen annehmen, die eine ähnliche Lage haben, und wovon jede durch eine nicht abgekumpfte Ecke des Würfels und durch die Mitte der Abkumpfungsfäche der gegen über stehenden abgekumpften Ecke geht. Die electrischen Kräfte äußern sich in den Richtungen dieser 4 Achsen so, daß die letzte von den beiden einerley Achse zugehörigen Ecken, welche abgekumpft ist, $+ E$ hat, während die gegen über stehende nicht abgekumpfte Ecke $- E$ heist.

Ueber die Electricität des Boracits, oder Boracipathes, vom Herrn Abbé Ladvy; im Journal der Physik, B. VII. S. 27. f.

§. 1391. Noch merkwürdiger ist die Electricität einiger Fischearten. Am stärksten entdeckte man sie an dem Zitterwale, oder electricischen Wale (*Gymnae electricus*), der, wenn er gereizt wird, bey der Berührung mit der Hand, oder auch mit einem Leit- und selbst bey der Entfernung im Wasser, eine starke Erschütterung und einen heftigen Stoß in den Gelenken der Finger, ja sogar bis zum Ellenbogen, verursacht, als wenn man eine geladene leidner Flasche zwischen Händen entladet. Bey Berührung und Reizung des Fisches durch Nichtleiter empfindet man keinen Stoß. Ähnliche, wiewohl schwächere, Wirkungen hat man an dem Zitterrochen (*Raja Torpedo*) wahrgenommen, an dem Herr Walsh wirkliche electricische Funken sichtbar gemacht hat, als er den aus dem Wasser genommenen Fisch reizte. Endlich gehört noch hierzu der Zitterwels (*Silurus electricus*), der electriche Stachelbauch (*Tetrodon electricus*) und der *Trichinurus indicus*.

Vom Zitterwale hat Herr Bloch (*Wanngeflüßter der japanischen Fische*, Th. II. Berlin 1786. 4. S. 43.) die Nachrichten darüber sorgfältig gesammelt.

Vom Zitterrochen sehe man: *John Walsh of the electric property of the Torpedo; in den philos. transact. Vol. LXIII. S. 461.*

Vom Zitterwels: *Broussonet, in den Mém. de l'acad. roy. de sc. de Paris, 1780.*

Vom electricischen Stachelbauche: *Peterson, in den philos. transact. Vol. LXXVI. P. II. S. 382.*

Die so genannte thierische Electricität.

§. 1392. Wenn man bey einem lebenden Fische einen Nerven, z. B. den Cerebralnerven, entblößt

und diesen Nerven mit zwey verschiedenen Metallen, z. B. mit Silber und Zinn, mit Silber und Zink, zugleich berührt, während auch diese Metalle mit einander in Berührung sind, so entsteht sogleich eine krampfhafte Zusammenziehung der Muskeln, zu welchen der Nerve geht. Die Erscheinung zeigt sich, so lange die Theile noch Vitalität haben. Sie zeigt sich auch bey abgetrennten Gliedmaßen, wenn sie nur noch Reizfähigkeit besitzen. — Wenn man das Ende der Nerven auf ein Metall legt, z. B. auf Scanniol, auf das entblößte Muskelfleisch, zu welchem der Nerve geht, ein anderes Metall anbringt, z. B. einen Streifen Blattsilber, und nun beyde Metalle durch einen nicht leitenden Bogen berührt, so ist die Erscheinung nicht da; sie zeigt sich aber, wenn man jene durch einen electrischen Leiter in Verbindung setzt, z. B. durch einen Metalldraht, durch eine Kohle. — Die Erscheinung zeigt sich ferner, wenn zwey Stellen eines und desselbigen Nerven mit zwey verschiedenen Metallen belegt und durch einen guten Leiter in Verbindung gebracht werden; sie zeigt sich in diesem Falle nicht, wenn man die Verbindung durch einen guten Nichtleiter macht.

§. 1393. Die Versuche lassen sich auf eine interessante Weise auch so anstellen, daß man dem lebenden Frosche die Haut ganz abzieht, die Eingeweide herausnimmt, und ihn so präparirt, daß seine Schenkel bloß durch die Cruralnerven mit dem Rumpfe zusammenhängen. Man stellt hierauf zwey Trinkgläser mit Wasser gefüllt dicht neben einander, und hängt den

Frosch so über beyde, daß der Rumpf in das Wasser des einen, die Schenkel in das Wasser des andern Glases tauchen. Taucht man nun ein Metall in das Wasser des einen, und ein anderes verschiedenes Metall in das Wasser des andern Glases, so sind die Zuckungen in dem Frosche sogleich da, so bald auch die Metalle mit einander in Berührung gesetzt werden.

§. 1394. Braucht man in diesem Falle oder in dem vorigen nur Metalle von einerley Art, die durchaus nicht verschieden sind, so ist bey ihrer Berührung unter einander und mit dem Frosche keine Zuckung desselben da; sie ist aber da, freylich nur schwach und nur bey einem Frosche von starker Virulenz, wenn die Metalle zwar von derselbigen Art, aber doch in der Härte, in der Legirung, in der äußern Politur, in der äußern regulinischen Beschaffenheit, verschieden sind. So ist z. B. keine Zuckung des Frosches in dem zuletzt angeführten Versuche da, wenn man die Verbindung des Wassers in den Gläsern z. B. durch einen Bogen von Silberdraht macht, der durchaus gleichförmig in seiner Natur ist.

§. 1395. Allein in dem angeführten Falle (§. 1393.) sind die Zuckungen gleich wieder da, wenn man das Eine Ende des leitenden Bogens mit einer leitenden Flüssigkeit anderer Art, als bloßes Wasser ist, z. B. mit einer Auflösung von Alkali, mit Scheidewasser, mit einer Auflösung von Schwefelalkali bestreicht; oder wenn man in das eine Glas bloßes Wasser, in das andere Essig, oder eine alkalische Auflösung, oder eine Auflösung von Schwefelleber
oder

der eine Salzauflösung gießt, und die Verbindung ist auch nur durch ein einziges Metall macht.

§. 1396. Die angeführten Erscheinungen von Nerven hat man nicht nur bey Fischen und bey Thieren mit kaltem Blute, sondern auch bey warmblütigen Thieren, und selbst bey menschlichen Gliedmaßen wahrgenommen, so lange sie noch Reizfähigkeit besaßen. Nur zeigen sie sich desto schwächer, je jünger, bey übrigens gleichen Umständen, die Reizbarkeit ist, und dauern desto kürzere Zeit, je früher sie erlischt.

§. 1397. Man applicire einen Streifen Stanniol unter die Spitze der Zunge und die Unterlippe, daß er herübersteht; man berühre hierauf die obere Seite der Zungenspitze mit Silber, und mit demselben zugleich das Stanniol: so empfindet man im Augenblicke, da sich beyde Metalle unter sich und auch die Zunge berühren, einen sehr auffallenden, scharf sauren, caustischen, Geschmack.

§. 1398. Man fülle einen zinnernen Becher mit Milch, oder mit alkalischer, mäßig starker Lauge, den Becher mit einer oder beyden Händen, die mit bloßem Wasser feucht gemacht hat, und bringe die Spitze der Zunge auf die Flüssigkeit im Becher. Leicht wird man die Empfindung von einem sauren Geschmacke auf der Zunge erhalten, welche die alkalische Flüssigkeit berührt. Dieser Geschmack ist, im Anfang wenigstens, sehr entscheidend, bis er endlich dem

dem eigenthümlichen alkalischen der Flüssigkeit zu macht.

§. 1399. Man nehme einen Becher von Zinn (noch besser von Zinn,) stelle ihn auf einen ebenen Fuß, und fülle ihn mit reinem Wasser. Steckt man die Spitze der Zunge ins Wasser, so findet man es wie natürlich, unschmackhaft; so bald man aber gleich den silbernen Fuß mit den recht benetzten Fingern preßt, so empfindet die Zunge einen sehr entzündlichen sauren Geschmack.

§. 1400. Man bringe endlich zwischen die linke obere Kinnlade und die linke Wange eine Stange Zinn, und zwischen die untere rechte Kinnlade und die rechte Wange eine Stange Silber, so, daß die Metallstücke aus dem Munde hervorragen, und berühre hierauf diese hervorstehenden Enden einander; so wird man im Dunkeln bey dem Contacte beider Metalle Licht empfinden.

§. 1401. Wenn in allen den angeführten Fällen Muskelbewegung oder Empfindung erregt werden soll, so müssen Leiter von verschiedener Art, so wohl unter einander, als mit den reizbaren oder empfindenden Theilen in Berührung seyn.

§. 1402. Bey gleicher Reizfähigkeit der thierischen Theile bringen die verschiedenen Leiter in Berührung unter einander und mit reizfähigen Theilen nicht gleich starke Wirkungen hervor. Diese sind um desto lebhafter, je mehr die angewandten Metalle von einander

nachher in der hier genannten Ordnung von einander absehen:

Zink,
Stanniol,
Wundzilan,
Zinn,
Eisen,
Zinnsilber,
Kupfer,
Platin,
Gold,
Silber,
Quecksilber,
Reißbley (Holzbley).

§. 1403. Der Erste, welcher die bey der Berührung, on zwey verschiedenen Metallen entstehenden Muskelbewegungen beobachtete, war Galvani zu Bologna; und man hat daher nach ihm die Erscheinungen dieser Art unter dem Namen des Galvanismus begriffen. Die Versuche darüber beschäftigten bald nachher eine große Menge von Naturforschern und Physiologen in mehreren Ländern; man änderte sie auf mannigfaltige Weise ab und entdeckte eine Menge neuer Thatsachen. So wie es aber gemeiniglich mit neuen Entdeckungen physikalischer Thatsachen zu geschehen pflegt, daß man sogleich Erklärungen ihrer Ursachen wagt, ehe man noch die Thatsachen selbst gehörig vervielfältigt und abgeändert hat, so geschah es auch hier. Man ging gleich anfangs von einer eigenthümlichen, den lebenden Organen bewohnenden, und die Muskelbewegungen erregenden, thierischen Electricität aus, und ließ die Muskeln sich ordentlich damit laden und wie-

der

der enthalten. Andere erklärten die Erscheinungen durch chemische Mischungsveränderungen, die bey der Einwirkung der Metalle unter einander und mit den berührenden lebenden Theilen in diesen vorgehen sollen und brachten zum Theile davon wunderliche Meinungen bey. Keiner von allen Naturforschern, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, hat ihn auf so vielfache Art untersucht, als Herr Volta. Ihm verdanken wir die meisten hieher gehörigen Entdeckungen und die nähere Bestimmung der dabey obwaltenden Umstände. Er ist es aber auch, der die da wirkende Ursach zuerst aufgeklärt und ins Licht gesetzt und der bis zur überzeugendsten Evidenz dargethan hat, daß diese Ursach, welche in den angeführten Fällen Muskelbewegungen erregt und den Geschmack, das Gesichtssinn afficirt, das gewöhnliche electrische Fluidum ist, welches nicht durch einen thierischen Lebensgeß, sondern durch die Berührung heterogener Leiter unter einander in Action gesetzt wird; daß dieses in Circulation gesetzte electrische Fluidum reißfähige Theile reißt, und so Muskelbewegungen und Empfindungen veranlasse. Es ist ihm endlich gelungen, die bey der Berührung der heterogenen Leiter in Action gesetzte electrische Materie durch Hülfe des Duplicators bis zur Wahrnehmung an einem Electrometer darzustellen. So sind also diese Untersuchungen zwar nicht für die Physiologie aufklärend und fruchtbar gewesen, da mehr aber für die Naturlehre im Gebiete der electrischen Erscheinungen.

Aloysii Galvani de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bonon. 1791. 4. *Aloys. Galvani* Abhandlung über die Kräfte der thierischen Electricität auf die Bewegung der Muskeln, nebst einigen Schriften der Herren *Valli*, *Carminati* und *Volta* über eben diesen Gegenstand, herausgegeben von D. *Joh. Mayer*. Prag 1793. 8. Nachricht von den Versuchen des Hrn. *Galvani* über die Wirkung der Electricität auf die Muskelbewegungen; in *Gren's Journal der Physik*, B. VI. S. 371. ff. Briefe des Hrn. *Lusob. Valli* über die thierische Electricität; ebendas. S. 382. ff. S. 392. ff. *Gren's* Bemerkungen über die so genannte thierische Electricität; ebendas. S. 402. ff. Schreiben des Hrn. *Prof. Reil* an *Gren* über die so genannte thierische Electricität; ebendas. S. 411. ff. Schriften über die thierische Electricität von *Alex. Volta*, aus dem Ital. von D. *Joh. Mayer*. Prag 1793. 8. *Carl Caspar Creve* Beiträge zu *Galvani's* Versuchen über die Kräfte der thierischen Electricität auf die Bewegung der Muskeln. *Frankfurt und Leipzig* 1793. 8.; in: *in Gren's Journal der Physik*, B. VII. S. 323. ff. *Christoph. Henr. Psaff* diss. de electricitate animali. *Stuttg.* 1793. 8.; überf. im *Journ. der Physik*, B. VIII. S. 196. ff. Fortgesetzte Bemerkungen über die thierische Electricität, von Hrn. *Psaff*; ebendas. S. 270. ff. S. 377. ff. Nachrichten von einigen Entdeckungen des Herrn *Galvani*, nebst Versuchen und Beobachtungen darüber, von *Alex. Volta*; ebendas. S. 303. ff. S. 389. ff. *C. H. Psaff* über thierische Electricität und Reizbarkeit. *Göttingen* 1794. 8. Ueber die gereizte Muskelfaser, vom Hrn. von *Humboldt*; im neuen *Journal der Physik*, B. II. S. 115. ff. Brief des Herrn von *Humboldt* an Hrn. *Blumenbach*; ebendas. S. 471. Uebendesselben neue Versuche über den Metallreiz; ebend. B. III. S. 164. ff. Beobachtungen über den Muskelreiz bei Thieren in den *Galvani'schen* Versuchen, von Herrn *Wells* in *London*; ebendas. S. 441. ff. Ueber die gereizte Muskelfaser, vom Hrn. D. *Ph. Michaelis*; ebendas. B. IV. S. 1. ff.

Des Herrn *Alex. Volta* neue Abhandlung über die thierische Electricität; ebendas. B. II. S. 141. ff. Schreiben des Hrn. *Volta* an *Gren*; ebendas. B. III. S. 479. Zweites Schreiben des Hrn. *Volta* an *Gren* über die so genannte thierische Electricität; ebendas. B. IV. S. 107. ff.

§. 1404. Die freye und bewegte electrische Materie ist ein Reizungsmittel für die belebte Faser, und die Folge ihres Reizes bey ihrer unmittelbaren Durchströmung durch dieselbe ist Empfindung oder Bewegung derselben. Die entblößte Muskelfaser oder ihre Nerven sind solcher Gestalt das empfindlichste

ße Electroſtop, und zeigen ſo das Daſeyn eines electriſchen Stromes an, der ſonſt das feinſte Electrometer nicht in Bewegung ſetzen würde. Bei der Berührung heterogener Leiter wird electriſches Fluidum in Bewegung geſetzt, es ſey nun, daß alle Leiter im natürlichen Zuſtande davon eine geringe den Sättigungsgrad derſelben in unmerklicher Menge überſteigende Doſis enthalten, und dagegen ſelbſt eine verſchiedene Anziehungskraft beſitzen; oder daß die Berührung derſelben unter einander ſelbſt es frey macht und ſie es ſtärker oder ſchwächer anziehen. Bilden nun die Leiter einen Kreis, ſo wird das Fluidum dadurch ſelbſt in Kreislauf geſetzt, was aber durch unfere bisherigen Werkzeuge nicht zu entdecken war. Wenn ſo z. B. die entblößten Cruralnerven eines Froſches von dieſem Kreiſe heterogener Leiter ſelbſt ein leitendes Stück ausmachen, ſo daß die ganze oder faſt die ganze ſtrömende electriſche Materie durch ſie allein gehen muß, und die Nerven noch einen Reſt von Vitalität haben; ſo werden die den Nerven zugehörigen Muskeln in Zuckungen geſetzt, ſo bald die Herſtellung des Kreiſes der Leitung einen ſolchen electriſchen Strom veranlaßt, und ſo oft man nach gehöriger Unterbrechung deſſelben ihn gehörig wiederherſtellt. Wenn ſich anſtatt der zur Bewegung dienenden Nerven die an der Spitze oder am Rande der Zunge, welche zum Geſchmack dienen, oder die äußern Theile des Augapfels, in dem leitenden Kreiſe befinden, ſo wird auch durch dieſen electriſchen Strom Empfindung von Geſchmack und von Licht erregt.

§. 1405. So kann man auf folgende Weise:
 1) einen sehr frappanten Versuch Muskelbewegung.
 2) Afficirung des Sinnes des Geschmacks und des
 Sichts zugleich durch den electricischen Strom bewir-
 ken. Es treten vier Personen auf einen nicht sehr
 ebenen Fußboden, und werden mit einander folgen-
 de Maßen in leitende Verbindung gesetzt. Die erste
 der Reihe faßt in die rechte Hand, die aber mit
 Wasser benetzt seyn muß, eine Zinkstange, und be-
 rührt mit dem Finger der linken Hand die Spitze der
 Stange der zweiten Person, die wiederum mit einem
 Finger den bloßen Augapfel der dritten Person be-
 rührt; diese dritte Person hält mit nassgemachter
 Hand die hintern Extremitäten eines nach der oben
 (1393.) angeführten Weise präparirten Frosches,
 dessen entblößten Rumpf die vierte und letzte Person
 der Reihe mit der nassen rechten Hand anfaßt,
 während sie in der nassen linken eine Silberstange
 hält. So wie nun der Erste und Letzte in der Reihe
 Zink- und Silberstange in Berührung bringen,
 so solcher Gestalt den Kreis vollenden, empfindet
 die Person, deren Zungenspitze berührt wird, einen
 scharfen Geschmack, das berührte Auge des Dritten
 nimmt einen Schein von Licht wahr, und die Kehle
 des Frosches, der vom Dritten und Vierten gehalten
 wird, geräth in heftige Zuckungen.

§. 1406. Die verschiedenen electricischen Leiter
 zeigen das Vermögen, bey ihrer Berührung unter ein-
 ander, einen electricischen Strom zu veranlassen, nicht
 mit gleicher Thätigkeit (§. 1402.). Herr Volta theilt
 sie

sie in dieser Hinsicht in zwey Classen: in trockne, welche die erste ausmachen, und wohin vorzüglich die Metalle, die Kiese und die Holzkohle gehören; in feuchte Leiter, welche die zweyte Classe ausmachen. Jedesmal nun, daß in einem vollständigen Kreis von Leitern entweder einer von der zweyten Classe zwischen zwey unter einander verschiedene von der ersten Classe, oder umgekehrt einer von der ersten Classe zwischen zwey unter sich verschiedene von der zweyten Classe gebracht wird, wird durch die vorwaltende Kraft zur Rechten oder zur Linken ein electricer Strom veranlaßt, der bey Unterbrechung des Kreises wieder aufhört, bey Wiederherstellung desselben wieder von neuem veranlaßt wird, und so in den verschiedenen Theilen, die einen Theil des leitenden Kreises ausmachen, Empfindung und Bewegung hervorbringt. Herr Volta hat durch seine Untersuchungen dargethan, daß die electriche Action hauptsächlich durch die Berührung zweyer verschiedenen Metalle mit feuchten Leitern veranlaßt wird, obgleich dieselbe auch bey Berührung der trockenen heterogenen Leiter unter einander und selbst der feuchten heterogenen Leiter unter einander Statt findet.

§. 1407. Die verschiedenen Arten der Verbindung der Leiter unter einander zur Veranlassung eines electricen Stromes lassen sich durch Zeichnungen deutlich machen, die ich deshalb nach Herrn Volta auf der XV. Kupfertafel hier befüge. Sie dienen zugleich, die darauf Bezug habenden Grundsätze anschaulich zu machen. Die hierher gehörigen Leiter der
erste

stern Classe, wie die Metalle, sind durch große Buchstaben, die Leiter der zweiten Classe oder die feuchteren iter durch kleine Buchstaben in den Figuren, angeordnet.

Fig. 156. Kann den Fall vorstellen, wo der Froshautve dem feuchten Leiter a macht, der an zwey verschiedenen Stellen von zwey verschiedenen Metallen oder Leitern der ersten Classe A (Silber) und Z (Zink) berührt wird, die sich unter einander wieder selbst berühren, wie nach §. 1392.; oder a ist die Spitze der Zunge zwischen Silber und Stanniol, die sich unter einander berühren, oder der Fall des §. 1397.

Fig. 157. stellt den Fall vor, wo sich Ein Leiter der ersten Classe zwischen zwey sich berührenden heterogenen Leitern der zweiten Classe in Verbindung befindet, wohin die Versuche §. 1395. und §. 1392. gerechnet werden können.

Wenn der Kreis bloß von zwey Arten der Leiter, o verschieden sie auch sind und so vielfach auch die Anzahl der Stücke ist, woraus jeder besteht, zusammen gesetzt ist, wie Fig. 158., 159., 160. und 161., so kann kein Kreislauf des electrischen Fluidums veranlaßt werden; denn die Kräfte sind sich einander gleich, die nach entgegen gesetzten Richtungen wirken.

Eben dies ist auch der Fall, und es wird kein electrischer Strom veranlaßt, der vermindern wäre, auf die partiesten Nerven Eindruck zu machen, wenn von zwey oder mehreren verschiedenen Metallen sich jedes zwischen Leitern der zweiten Classe von einerley Art oder nahe von einerley Art befindet, welchen Fall Fig. 162. vorstellt, oder wenn in dem Kreise zwey trockene Leiter von einerley Art, die mit einem feuchten Leiter zwischen sich verbunden sind, durch einen trockenen Leiter von verschiedener Art an ihrem andern Ende verbunden werden, wie Fig. 163.

Wenn aber in dem letztern Falle A und das eine Z nicht unmittelbar sich berühren, sondern ein feuchter Leiter m, der aber von g verschieden ist, sich dazwischen befindet, wie Fig. 164.; dann ist die electrische Action nicht mehr auf beyden Seiten im Gleichgewichte, und es entsteht nun ein electrischer Strom. Wenn also g ein präparierter Frosh, Z, Z, Stücke von Zink, A Silber, und m ein Wassertropfen, ein Stückchen feuchte Worchel, Seife, Kiebers, Eiweiß, u. dergl. ist, so wird der Frosh in Zuckungen gebracht, so bald man den Kreis vollständig macht.

In dem Falle, den Fig. 165. vorstellt, kann wieder kein electrischer Strom veranlaßt werden, wegen des Gleichgewichts auf beyden Seiten; dies findet auch in dem Falle Fig. 166. und 167. Statt.

Aber in den Combinationen, die durch Fig. 168., 169., 170., 171. und 172. vorgestellt sind, sind sich die Actionen, die durch

durch die metallischen Verührungen entspringen, nicht mit einander entgegen gesetzt, folglich entsteht ein electricer Strom. In diesen Figuren kann g den präparirten Frosch vorstellen, der von Personen p, p mit feuchten Händen gehalten wird, A und Z aber Stücke von Silber und Zin.

Wenn in Fig. 169. a zwischen A und Z fehlte, so würde die Combination mit der in Fig. 167. vorgestellten übereinkommen und kein electricer Strom veranlaßt werden. Man kann daher den Versuch auf eine frappante Art ändern. p im Kreise zur Linken in Fig. 169. sey eine Person, die in der linken feuchten Hand einen silbernen Stiel, worin etwas Wasser a ist, bey dem Stiele hält, in der rechten auch ein Silberstück A hat. p oben im Kreise zur Rechten halte in der rechten Hand ein Stück Zink, in der linken die untern Extremitäten des präparirten Frosches g, dessen Kumpf von der dritten oder mittleren Person p mit der rechten Hand gehalten wird, während sie in der linken mit einer Stange Zink das Silberstück A der ersten Person berührt. Wenn nun die beiden andern Personen ihr Silber und Zink sich trocken berühren lassen, tritt der Fall Fig. 167. ein, und der Frosch bleibt ruher, wird aber lebhaft erschüttert, wenn die eine Person, k mit dem trockenen Zink eine trockene Stelle des Frosches selbst zu berühren, das Wasser a darin berührt, wann der Fall Fig. 169. hergestellt wird.

In dem Falle Fig. 173. wird, wie man nun leicht sieht, dadurch, daß zwischen jedes A und Z ein solcher Leiter a von einerley Art angebracht wird, die Action in beiden Seiten her wieder ins Gleichgewicht gebracht, also die Entstehung des electricchen Stroms gehindert.

Fig. 174. stellt den Topus des oben (S. 1395.) beschriebenen Versuchs dar; wo g der präparirte Frosch ist, die beyden Gläser mit Wasser, A den Bogen eines kleinen Metalles, und m den Tropfen oder die dünne Schicht von Schwefelwasserauflösung, Salzwasser, Schwefelwasser u. dergl. vorstellt. Er ist dem Falle der Fig. 157. analog.

Es giebt noch eine dritte Art, das electriche Fluidum zu erregen, obgleich auf eine weit schwächere Weise, als man vermögend ist, einen vollständig präparirten Frosch oder noch starke Vitalität hat, in Zuckungen zu versetzen. Sie besteht darin, daß drey verschiedene Leiter, die aus einer der zweyten Classe sind, den Kreis bilden, ohne Zwischenkunft eines Metalles oder eines Leiters der ersten Classe. Dieser Fall, weit entfernt, den Grundfägen des Herrn Volta, wie man meint, zu widersprechen, macht sie nur noch allgemeiner. Fig. 175. stellt diesen Fall dar: wo b e der Schenkel des nach S. 1393. präparirten Frosches oder eigentlich der tendinöse Theil des musculus gastrocnemius ist, der den Kumpf m, oder die Rückenmuskel, oder auch die Nischadnerven berührt, indem an die Verührungsstelle

als Oel, oder stoffte, oder feisenartige, oder salzige Feuchtigkeit gebracht ist.

Volta, im neuen Journal der Physik, B. IV. S. 107. ff.

Einige Bemerkungen über die Natur und Zusammensetzung der electri- schen Materie.

§. 1408. Ungeachtet der überaus großen Menge electrischer Versuche, die bis jetzt angestellt worden sind, hat man daraus bis jetzt noch wenig Folgerungen über die Natur und das eigentliche Wesen des electrischen Fluidums gezogen. Vielleicht hat man sich bey der Erklärung mehr Schwierigkeiten gemacht, als wirklich da sind, indem man das Zufällige von dem Wesentlichen nicht gehörig absonderte; vielleicht ist die vorgefaßte Meinung des dualistischen Systems von zwey specifisch verschiedenen electrischen Materien selbst eine nicht zu überwindende Schwierigkeit in der Erklärung der Natur und Zusammensetzung des electrischen Fluidums gewesen. Ich wage es hier, meine Gedanken über diesen Gegenstand vorzulegen. Wäre meine Erklärung auch nur hypothetisch, so hat sie vielleicht doch das Verdienstliche, neue Untersuchungen zu veranlassen, die etwa auf einem andern Wege die Wahrheit finden lassen. Meine Behauptungen enthalten indessen wenigstens nichts, was nicht sinnliche Thatfachen lehren, und was nicht auf Beobachtung gegründet wäre. Auch verdienen sie vielleicht dadurch einige Rücksicht, daß sie die electrische Materie mit sehr allgemeinen Erscheinungen der Natur in Causalzusam-

zusammenhang setzen. Ich lege dabei das Franklin'sche System zum Grunde, schiede aber erst noch einige allgemeine Thatfachen voraus, auf die ich hier Ich brauche mich nur kurz zu fassen, da die Anwendung sich leicht machen läßt.

Mitn vergleiche mit meiner Theorie die von de Lur, u. anderen Ideen über die Meteorologie, Th. I. S. 114. und die von Gardine (Abhandlung von der Natur des elektrischen Feuers; übersetzt von J. G. Giesler. Darmstadt 1795. 2.)

§. 1409. Da die positiv-electrisirten Körper schwerer, die negativ-electrisirten nicht leichter als in ihrem unelectrisirten Zustande, auch bei Versuchsungen mit den feinsten Waagen; so folgt, electricische Materie eine inponderable Substanz müsse, in deren Zusammensetzung kein andrer Stoff eingeht.

§. 1410. Die electricische Materie wirkt wirksam und thätig in und auf Nichtleitern. Bei electricischen Anziehen oder Abstoßen, was ein electrischer Leiter zeigt, zeigt er nur vermöge der electricischen Atmosphäre (§. 1318.), d. i., der in der Luft, einem Nichtleiter, thätigen electricischen Materie. Wäre die Luft ein Leiter, so würden wir ja nichts von electricischen Erscheinungen wissen. Das electricische zeigt sich nur bei dem Uebergange oder Eintritt in oder in einen Leiter durch einen Nichtleiter. Der Torricellische leere natürlicher Weise kein Leiter ist wenig als ein Nichtleiter, so muß auch die electricische Materie darin am freiesten werden und das deutlich zeigen. Bei dem Uebergange des verflüssigten

electrischen

electricischen Funken durch einen dünnen Draht; vor ab von glühend und geschmolzen wird, wird das electriche Fluidum nur in so fern frey, als die wenige Masse die ganze Menge des strömenden electricischen Fluidums nicht auf Einmal fassen kann. In den Leitern, ohne Verbindung mit Nichtleitern, wird also die electriche Materie nie so frey, daß sie sich unsern Sinnen bemerkbar zeiget. Es folgt hieraus, daß die Nichtleiter weit weniger Anziehungskraft zur electricchen Materie haben müssen, als die Leiter.

§. 1411. Die thätige electriche Materie zeigt sich als ein expansibles Fluidum, dessen Theile überwiegende Repulsionskraft besitzen, welche nur durch Anziehung anderer Materien dagegen ins Gleichgewicht, und so zur Unthätigkeit gebracht werden kann.

§. 1412. Die Anhäufung der electricchen Materie auf einem Leiter geschieht nicht durch chemische Verbindung damit, sondern nur durch Adhäsion. Der Beweis dafür ist: daß die electricisirten Leiter nur auf der Oberfläche, nicht im Innern, electricirt sind (§. 1247.), und daß die Vertheilung der Electricität unter isolirte Leiter sich nicht nach ihren Massen, sondern nach ihren Oberflächen richtet (§. 1246.).

§. 1413. Die aus den Leitern bey dem Uebergange durch Nichtleiter, wegen mangelnder Anziehung der Leitern dagegen, ganz frey werdende electriche Materie zeigt sich als Licht, bey dem wir an sich keine Verschiedenheit von dem Lichte wahrnehmen, das durchs Verbrennen verbrennlicher Substanzen und auf

H h h

andere

andere Weise entsteht. Soll indessen unser Sehorgan dieses Licht empfinden, so muß es natürlicher Weise, wie alles Licht, eine bestimmte Intensität quoad minimum besitzen. Daher zeigt es sich in bey Funken, bey dem Ausströmen aus leitenden Erzen, oder bey dem Einströmen in dieselben. Was der unvollkommenen nichtleitenden Eigenschaft der in und anderer Nichtleiter wird indessen nicht alles der sie brechende oder strömende electrische Fluidum zu und zum Lichte; und deswegen kann durch Funken Mittheilung der Electricität entstehen.

§. 1414. Ich mache aus allen diesen Thatfachen Schluß, daß die electrische Materie nichts anderes ist, als Lichtmaterie, oder die Zusammensetzung der eigenthümlichen Basis des Lichts (§. 802. 803.) und dem Wärmestoffe, die ihrer ganzen Zusammensetzung nach durch Adhäsion mit andern Materien content gemacht, doch nicht chemisch gebunden, ist. Ihr Bestreben, sich ins Gleichgewicht zu setzen, hängt nicht allein von der Repulsionskraft ihrer Theile unter einander, sondern auch von der Anziehungskraft anderer Stoffe dagegen ab. Sie zeigt dieses Bestreben nur wird thätig, wenn sie auf einem Körper über einen Sättigungsgrad angehäuft worden ist. Durch noch stärkere Anhäufung bey nicht genugsamer Anziehung anderer Stoffe, wie die Nichtleiter sind, kann sie endlich ganz frey werden, wo sie sich dann als Licht offenbart und als solches zerstreuet. Die Anhäufung der electrischen Materie auf isolirten Leitern würde indessen durch die Anziehung derselben dagegen allein nicht:

icht geschehen können; oder diese würde nicht hinreichend seyn, der Repulsionskraft ihrer Theile unter einander hinlänglich das Gleichgewicht zu halten, so daß es sich als licht entwickeln und entweichen müßte, wenn nicht die Repulsionskraft der electrischen Atmosphäre die Anziehungskraft des Leiters dagegen unterstützte. Die Erscheinungen des electrischen Lichts im Vacuum beweisen dies. Die Wirkungen der Explosion sind Folgen des plötzlich frey werdenden Lichts der Feuers, als expansives Fluidum.

§. 1415. Es erhellet aus dem Gesagten, daß das freye Licht nicht mehr die electrische Materie ist, daß aber auch die Basis des Lichts allein sie nicht ausmacht, sondern daß das andern Körpern adhärirende Licht nur diesen Namen führen kann.

§. 1416. Da die Lichtmaterie aus ihrer eigenthümlichen Basis, (Brennstoff,) und dem Wärmestoffe zusammengesetzt ist, so muß es auch die electrische Materie seyn. Das Daseyn des Wärmestoffes in der electrischen Materie, durch den sie eben ein expansives Fluidum ist, folgt also schon hieraus; Herr van Marum hat aber den Wärmestoff als Bestandtheil der electrischen Materie auch direct erwiesen. Das Schmelzen der Drähte durch den verstärkten electrischen Funken gehört auch zu diesen Beweisen.

Versuche zum Erweise, daß in dem electrischen Fluidum Wärme mehr zuacget ist, vom Herrn van Marum; im neuen Journal der Physik, B. III. S. 1. ff.

§. 1417. Der Wärmestoff allein macht aber nicht das electrische Fluidum aus; dagegen spricht der Augenschein. Das Daseyn der eigenthümlichen Basis

des Lichts in der electricischen Materie folgt mehr aus dem vorher Gesagten, zu welchem die electricische Theorie den ersten Grund werden wird; sondern aus andern Versuchen, wie z. B. aus der Zersetzung Wassers durch den electricischen Funken, dessen Zersetzstoff, wenn er Wasserstoffgas bilden soll, nur die Basis des Lichts enthalten muß, da er nirgends anders woher, als aus dem electricischen Funken empfangen kann.

§. 1418. Die Afficirung des Geruchssinnes der electrifirte Luft, des Geschmacks durch den electricischen Strom, der die Nerven der Zunge reißt, beweist nicht das Daseyn eines Nischstoffes, einer Essenz u. dergl., in der electricischen Materie; beweist: daß unsere Nerven durch Strömung der electricischen Materie gereizt werden.

§. 1419. Es folgt aus meiner Theorie: daß electricische Materie in den Körpern zusammengefaßt und zerlegt werden könne. Die ursprüngliche Erzeugung der Electricität bey so mannigfaltigen Processen des Schmelzens, Verbrennens, Verdampfens der Gas- und Dampfbildung, Gas- und Dampferzeugung, ließe sich daraus erklären. Bey dem Leben ist es ohne Zweifel der dabey entwickelte Wärmestoff, welcher der durch Anziehung der Körper unthätig gemachten und ins Gleichgewicht gebrachten electricischen Materie die nöthige Expansivkraft ertheilt; vielleicht auch sich mit der in den Körpern befindlichen Lichtbasis erst zur electricischen Materie vereinigt. Die verschiedenen Farben, welche das electricische Licht bey seinem

in dem Ausströmen aus verschiedenen Leitern zeigt, beweist die Verschiedenheit in dem quantitativen Verhältnisse seiner Bestandtheile, die aus der ungleichen Anziehung der Körper zum Wärmestoffe entspringt. Die Hauptquelle für die electrische Materie unseres Erdballes ist das Sonnenlicht, das wir also in dieser Hinsicht wiederum zu etwas mehr, als Tag zu machen, dienen sehen, und das wir so als den Grund vieler anderer sehr großer und wirksamer Kraftäußerungen in der Natur zu betrachten veranlaßt werden.

Fünftes Hauptstück. Magnetische Materie.

§. 1420.

Ein besonderes Eisenerz, das unter dem Namen des **Magneto** (**Magnetes**), des magnetischen Erzes, bekannt ist, hat die Eigenschaft, das Eisen zu sich zu ziehen und mit ziemlicher Kraft an sich zu halten. Die Wirkung dieser Anziehung äußert sich schon in der Entfernung, und wenn das Eisen leicht und beweglich genug ist, so bewegt es sich in der Nähe des Magnets gegen denselbigen zu, und auch umgekehrt der Magnet gegen das Eisen, wenn er Beweglichkeit genug hat.

Versuche: An einen rohen Magnet hängt sich Eisenfeil ein Bart an.

Eine Nadel, die an einem Faden hängt, wird in der Entfernung nach dem Magnete gezogen.

Eisenfeil, das auf Quecksilber oder auf einem Papiere auf Wasser schwimmt, bewegt sich schon in der Entfernung gegen einen Magnet.

Ein Magnet, der auf einem Brete auf Wasser oder auf Quecksilber schwimmt, wird schon in der Entfernung vom Eisen angezogen.

§. 1421. Der Magnet, der sich frey genug bewegen kann, bleibt nicht in jeder Lage, die man ihm giebt, sondern wendet sich ungefähr mit einem Ende gegen Norden, und dem entgegengesetzten nach Süden zu. An diesen sich einander entgegengesetzten Enden hängt sich auch das Eisenfeil in der größten Menge an den Magnet an, und kleine Strüßchen Eisendraht stellen sich hier senkrecht auf dem Magnete.

Versuch:

Versuche: Ein Magnet, der an seinem Schwerpunkte durch einen Faden aufgehängt ist, dreht sich mit einer Seite nach Norden, mit der andern nach Süden.

Eben dies geschieht, wenn er auf Quecksilber schwimmt.

In diesen entgegengesetzten Enden hängt sich das Eisenfeil am stärksten an, und stellt sich ein Stückchen feiner Eisendraht senkrecht.

§. 1422. Diese sich einander entgegengesetzten Punkte des Magnets nennt man die Pole desselben, und zwar wegen ihrer Richtung den einen den Nordpol (*Polus boreus*), den andern den Südpol (*Polus australis*). Es giebt auch Magnete mit drey und mehrern Polen, welche zusammengesetzte oder anomalische Magnete genannt werden, und aus mehreren verwachsenen Magneten zu bestehen scheinen.

§. 1423. Die Richtung des Magnets oder die Lage seiner Achse, d. h., der geraden Linie, die man von einem Pole desselben zum andern ziehen kann, kommt nur ungefähr mit der Mittagslinie überein, und läßt sich am besten durch die künstliche Magnetnadel (*Acus magnetica*, *Verforium*) zeigen, von deren Einrichtung weiterhin gehandelt wird.

§. 1424. Der Magnet zieht das Eisen am stärksten, wenn es im vollkommensten regulinischen Zustande ist. Die Anziehung desselben dagegen wird schwächer, wenn das Eisen vererzt, oder in Säuren aufgelöst, oder mit andern Metallen, besonders mit Arsenik, verbunden wird; doch ist sie unter den gehörigen Umständen nach Hrn. Brugman allerdings noch bemerkbar.

Versuche: Einige Tropfen frischer Eisensulfatauflösung auf einem auf dem Wasser schwimmenden Papiere werden vom Magnete angezogen.

§. 1425. Ueberhaupt lehrt die Erfahrung, daß das Eisen immer um desto schwächer angezogen wird, je vollkommener es verfault wird, und ganz verrostener Eisentalt wird nicht gezogen. Wir wissen gewiß, daß das Eisen nicht das einzige Metall ist, welches vom Magnete angezogen wird. Das Kobalt, auch das reinste, ist nicht nur fähig, vom Magnete gezogen, sondern auch sogar selbst zum Magneten zu werden, und wirklich hat man jetzt auch schon Magnetenadeln von reinem Kobalte.

Erweis, daß das Eisen nicht das einzige Metall sey, welches der Magnet in seiner Reinigkeit anzieht, sondern daß auch diese anziehende Kraft gegen das Metall des allernächsten blaufärbenden Kobaltkönigs äußere, von Hrn. J. E. Koblitz in Crelles neuesten Entdeckungen, Th. VII. S. 29. Leonhard's Anmerkungen und Bemerkungen zu Macquer's chemischem Wörterbuche, V. II. Leipzig 1792. S. 296. etc.

§. 1426. Noch auffallender ist die Entdeckung des Magnetismus in einer bloßen Steinart, derzuehen neuerlich Hr. von Humboldt gemacht hat. Er fand in dem Oberpfälzischen and. angrenzenden Gebirge eine Gebirgskuppe von Serpentinstein, die einen sehr starken Magnetismus zeigte. Sie besteht aus reinem Serpentinstein, meist von lauchgrüner Farbe, der hier und da in Chloritschiefer übergeht. Die Kuppe ist dergestalt gegen die Erdoberfläche gerichtet, daß das Gestein am nördlichen Abhange bloß Südpole, am südlichen Abhange bloß Nordpole zeigt. Das Gebirge hat nicht Eine Achse, sondern viele, die aber nicht in einerley Ebene liegen. Zwischen zweien wirksamen Nordpolen liegt völlig unwirksames Gestein, welches aber weder durch seine äußere Kennzeichen noch durch seine Mischung von dem wirksamen

samen

men zu unterscheiden ist. Jedes noch so klein abgeschlagene Stück des letztern zeigt den Magnetismus und hat seine Pole. Was aber einen sehr wesentlichen Umstand dabey ausmacht, und zugleich beweist, daß der Magnetismus des Gesteins nicht von feingesprengtem Magneteisensteine herrühren könne, ist das: daß diese Steinart, so lebhaft auch ihre Polarität und so stark ihre Anziehung zum Magnete ist, eine Spur von Anziehung gegen unmagnetisches Eisen zeigt, woraus denn auch folgen würde, daß sie dem Eisen nicht den Magnetismus mittheilen kann. Denn es ergiebt sich aus dem folgenden, daß der Magnet das Eisen nur in so fern anzieht, als er ihm den Magnetismus ertheilt. Das eigenthümliche Gewicht dieser Steinart geht von 1,901 bis 2,04, und ist also geringe.

Ueber die merkwürdige magnetische Polarität einer Gebirgskuppe von Serpentinstein, vom Hrn. von Humboldt; im neuen Journal der Physik, B. IV. S. 136. ff.

§. 1427. Die Kraft des Magnets, das Eisen zu ziehen, wird verstärkt, wenn man die Pole desselben sehr glatt abschleift und dünne eiserne Platten, die sich unten in einen dickern hervorstehenden Fuß endigen, daran befestigt. Diese angelegten Platten ziehen nun weit mehr, als der Magnet selbst.

§. 1428. Der auf diese Art vorgerichtete Magnet heißt gewaffnet oder armirt (armatus), und die Stücke Eisen seine Armaturen oder Panzer. Um die Stärke der Anziehung des Eisens durch Gewichte bequem auszufinden, dient ein eiserner Stab, der mit seiner platten Seite an die Füße oder künstlichen Pole

Pole des Magnets anschließt, und in der Mitte in einem Haken zum Anhängen der Gewichte versehen ist. Man nennt diesen Stab den Anker.

§. 1429. Die Wirkung des Magnets auf das Eisen nimmt mit der Entfernung ab, und zwar in Verhältniß des Quadrats dieser Entfernung. Herr von Haffs hat durch seine Magnetometer gefunden, daß die Kraft des Magnets gegen das Eisen an verschiedenen Orten veränderlich ist.

Saussure Beschreibung eines neuen Magnetometers; in seinen Reisen durch die Alpen, Th. II. S. 126. ff.

§. 1430. Die Erfahrung lehrt, daß bey gleicher Entfernung die Intensität der Anziehung zwischen Eisen und Magnet dieselbige bleibt, es mag zwischen beiden ein Mittel seyn, welches es will, nur nicht ein solches, das selbst der Mittheilung des Magnetismus fähig ist, als Eisen. Auch im luftleeren Raume bleibt die Anziehung dieselbige.

Hierauf gründen sich allerlei Spielereien und Taktentstücke.

Versuche: Die Magnethabel wird vom Eisen angezogen, auch wenn sie unter Glas, hinter Messing, Zinn, Silber u. dergl. steht.

Eine unter der Glocke der Luftpumpe im leeren Raume verhängen hängende Magnethabel wird durch das äußerlich an die Glocke gehaltene Eisen angezogen.

§. 1431. Der Magnet zieht nicht allein das Eisen an, sondern auch einen andern Magnet. Allein die Pole des Magnets ziehen sich nicht ohne Unterschied an, sondern nur die ungleichnamigen; oder der Nordpol des einen Magnets zieht nur den Südpol des andern, und umgekehrt, und beide hängen bey der Berührung stark zusammen. ...

§. 1432. Die gleichnamigen Pole des Magnets hingegen, als der Nordpol. des einen und der Nordpol des andern, der Südpol des einen und der Südpol des andern, ziehen sich nicht nur nicht an, sondern stoßen sich sogar zurück.

§. 1433. Hieraus folgt also das allgemeine Gesetz: **Ungleichnamige Pole der Magnete ziehen sich an, gleichnamige Pole derselben stoßen sich ab.**

Versuche: Der Nordpol des einen Magnets hängt mit dem Südpole eines andern zusammen.

Zwischen dem Nordpole oder Südpole des einen und dem gleichnamigen des andern ist keine Spur von Zusammenhang zu merken, wenn sie sich berühren.

Ein Magnet, der an einer Waage ins Gleichgewicht gebracht ist, wird bey der Annäherung der ungleichnamigen Pole eines andern Magnets herabgezogen, (so wie vom Eisen,) bey Annäherung der gleichnamigen Pole aber in die Höhe gehoben.

Der Nordpol einer Magnetnadel zieht vor dem Nordpole des Magnets, und geht nach dem Südpole desselbigen zu, der hingegen wieder dem Südpol der Magnetnadel abzieht.

§. 1434. Wegen dieser Wirkungen heißen die ungleichnamigen Pole zweier Magnete auch **freundliche** (P. amici); die gleichnamigen, **feindschaftliche** (P. inimici).

§. 1435. Die anziehenden und abstoßenden Kräfte der magnetischen Materie verhalten sich gerade, wie die magnetische Intensität, und umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernungen. Herr Coulomb hat dieses Gesetz durch seine sinnreiche magnetische Waage bewiesen.

Abhandlung über den Magnetismus, von Hrn. Coulomb; im neuen Journal der Physik, B. II. S. 292. ff.

§. 1436. Das Eisen, besonders der Stahl, ist der Mittheilung des Magnetismus fähig, und kann die

die Eigenschaften des Magnets, anderes Eisen zu erhalten, und die Polarität erlangen. Das magnetisch gemachte Eisen oder solcher Stahl heißt überhaupt **künstlicher Magnet**, und übertrifft an Wirksamkeit den natürlichen.

§. 1437. Der Magnetismus kann dem Stahl und Eisen auf verschiedene Art durch einen natürlichen Magnet mitgetheilt werden. Schon dadurch, daß eine eiserne oder stählerne Nadel an der Armaturn eines natürlichen Magnets eine kurze Zeit hängt, erhält sie das Vermögen, leichtes Eisenfeil zu ziehen und zeigt an der Spitze, womit sie den Pol des Magnets berührte, den entgegengesetzten Pol des Magnets, oder die Spitze der Nadel wird z. B. der Südpole, wenn sie an dem Nordpole des Magnets hing. In dieser Mittheilung des Magnetismus liegt auch zum Theil der Grund, daß sich an den armirten Magnete hängenden Bart vom Eisenfeil noch mehreres anlegt, und daß man auf diese Art eine große Menge Eisenfeil schwebend erhalten kann.

§. 1438. Stärker und dauerhafter erteilt man dem Stahle oder gutem Eisen den Magnetismus durch das Streichen mit dem Magnete. Man hat eine doppelte Art: die eine heißt der **einfache Strich**; die andere, der **Doppelstrich**. Um so etwa in einem eisernen oder stählernen Stabe den Magnetismus zu erregen, so setzt man beim einfachen Striche auf den gehörig fest liegenden Stab einen Pol des armirten Magneten in der Mitte des Stabes auf, und führt

1 nach dem Ende zu ab, setzt ihn in der Mitte des Stabes wieder auf, und fährt so mit einem gelinden Striche mehrere Male fort. Das Ende der geriebenen Hälfte des Stabes wird der entgegen gesetzte, er der ungleichnamige, oder der freundschaftliche Pol des nördlichen Magnets, also zum Südpole, wenn man mit dem Nordpole dieses Streichen verrichtet. So verfährt man nun auch mit der andern Hälfte des Stabes, setzt den andern Pol des armirten Magnets auf, und streicht damit. Man muß hierbei überhaupt aber nicht die Pole verwechseln, der rückwärts streichen.

§. 1439. Durch den Doppelstrich (§. 1438.) magnetisirt man den Stahl oder das Eisen, wenn man den armirten Magnet mit seinen beiden Polen der Länge nach auf den Stab aufsetzt, und so der Länge nach mehrere Male von dem einen Ende bis zum andern reibt, und zuletzt den Magnet wieder von der Mitte des Stabes abfährt. Das Ende des Stabes, welchem bei diesem Reiben der Nordpol des armirten Magnets zunächst war, wird zum Südpole, und das andere zum Nordpole.

§. 1440. Weiches Eisen nimmt hierbei den Magnetismus leichter an, als hartes, oder als Stahl, verliert ihn aber auch leichter als dieses. Und um ihn in den magnetisirten Stäben zu erhalten, ist es gut, zwey davon so neben einander aufzubewahren, daß ihre freundschaftlichen Pole bei einander liegen und mit einem Anker geschlossen sind.

§. 1441. Auf eine ähnliche Art macht man die magnetischen Zuseisen, an denen man die Erde der Anziehung gegen das Eisen ebenfalls durch einen Anker und durch angehängte Gewichte, wie dem armirten Magneten (§. 1428.), bestimmen kann.

§. 1442. Auch den Magnetnadeln (§. 14 wird auf diese Art der Magnetismus entweder durch den einfachen Strich oder den Doppelschlag erzeugt. Sie werden aus dünnem Stahle bereitet, und in der Mitte mit einem sehr glatt ausgeschliffenen Ende von Messing oder Achat versehen, mit welchem auf einer feinen Spitze horizontal schweben, und frei darauf bewegen können. Ihre Vollkommenheit beruht auf ihrer gehörigen und symmetrischen Form auf der Stärke des ihr mitgetheilten Magnetismus und auf der Freiheit ihrer Bewegung.

Vom Compass oder der Boussole, seinem Bedrauche und Rege. Eine neue sehr empfindliche Art der Aufhängung der Magnetnadeln vermittelt der starken Fäden der Kreuzschnur. Hr. Bennet angegeben.

Von einer neuen Art, die Magnetnadel aufzuhängen, von Herrn Bennet; im Journal der Physik, B. VII. S. 355.

§. 1443. Jede Magnetnadel ist, wie das Eisen und der Stahl überhaupt, nur eines gewisses Grades des Magnetismus fähig, der nicht überboten werden kann, so stark auch die Magnete sind, womit man sie magnetisirt.

§. 1444. Eben so hat Herr Coulomb gefunden, daß bei einer Magnetnadel die Summe der Kräfte, welche die Nadel oder einen Theil davon gegen die

sollicirt, genau gleich ist der Summe der Kräfte, welche die Nadel oder ihren Theil gegen Süden sollicitirt.

Coulomb a. a. O., S. 300.

§. 1445. Er hat ferner entdeckt, daß bey Magnetnadeln von verschiedenen homologen Dimensionen, oder von einerley Natur, wenn sie bis zur Sättigung magnetisirt worden sind, sich die Momente der wirkenden Kräfte wie die Würfel der homologen Dimensionen verhalten.

Coulomb a. a. O., S. 309.

§. 1446. Eine Magnetnadel wird durch das Magnetisiren nicht schwerer und leichter, als sie vor dem Magnetisiren war.

§. 1447. Die Magnetnadeln und der Magnet richten sich aber in den wenigsten Fällen genau nach Norden, und die Polarität derselbigen gilt nur mit Einschränkung. Wir finden vielmehr, daß die Magnetnadel an den meisten Orten auf der Erde sich von der wahren Richtung der Mittagslinie entweder nach Westen oder nach Osten zu mehr oder weniger abwendet, und daher der magnetische Meridian nicht mit dem wahren Meridiane immer übereinstimmt. Der Winkel, welchen sie auf diese Art mit der wahren Mittagslinie macht, heißt die Abweichung oder Declination der Magnetnadel (Declinatio f. Variatio acus magneticae).

§. 1448. Die Abweichung der Magnetnadel ist an den verschiedenen Stellen der Erde verschieden.

Es giebt einige Stellen, wo die Abweichung in
Statt findet, oder wo die Richtung der Nadel mit
der Mittagslinie des Orts genau zusammen-
fällt, wo die Nadel westlich; andere, wo sie
östlich abweicht. Aus mehreren Beobachtungen zu
Karten entworfen, worauf diese Abweichungen
der Nadel gezeichnet sind (Declinationskarten).

§. 1449. Eine solche Linie auf der Erde,
welcher die Magnetenadel nicht abweicht, geht durch
südlichen Theile des großen indischen Meeres,
Neuholland, durch die philippinischen Inseln,
südliche China und durch Japan, verläuft durch
das Eismeer zwischen Nova Zembla und Sibirien.
Eine andere solche Linie, auf der keine Abweichung
der Nadel Statt findet, geht durch das ästische Meer
und einen Theil des atlantischen Meeres, bei
Cap St. Augustin in Brasilien vorbei, durch
den Bermudischen Inseln, endlich in die nordameri-
canischen Länder. Von dieser letztern Linie an
der Erde nach Osten zu die Abweichung der Ma-
gnetenadel westlich. Diese ist also in ganz Europa,
Africa, in dem östlichen Theile der nordamerica-
nischen Länder, und in dem südlichen Theile des indischen
Meeres westlich. Die Abweichung nimmt von
der Linie an immer mehr und mehr zu, bis im Ost-
en westwärts von Großbritannien, und östwärts
von den Vorgebirge der guten Hoffnung, wo sie 1770
größesten war, nämlich 25°. Von hier an
nimmt die Abweichung der Nadel immer mehr und mehr
je weiter man nach Osten zu kommt, und wird

er kleiner, bis sie sich an der ersten erwähnten Linie
ne Abweichung ganz wieder verliert. Von dieser
le an ostwärts fängt die Abweichung an, östlich zu
rden, und nimmt immer mehr und mehr zu. Die
öfste östliche Abweichung von 25° ist unterhalb der
östlichen Spitze von America. Von hier an nimmt
die östliche Abweichung wieder ab und verliert sich
östlich auf der angezeigten zweiten Linie ganz.

Berliner astronomisches Jahrbuch für 1779.

§. 1450. Selbst ist aber auch an einem Orte
e Abweichung nicht zu allen Zeiten dieselbige, son-
dern leidet Veränderungen, (*Varlatio declinationis*).
Nach lange fortgesetzten Beobachtungen zu Paris hat
man gefunden, daß die Nadel vor dem Jahre 1666
östlich abwich; im Jahre 1666 hatte sie keine Abwei-
chung. Seit dieser Zeit fing sie an, immer mehr
und mehr westlich abzuweichen, und im Jahre 1783
betrug diese westliche Declination $21^{\circ} 4'$. Jetzt
heint die westliche Abweichung daselbst wieder abzu-
nehmen. Man sieht hieraus leicht, daß die Declina-
tionskarten nicht für immer dienen können. —

§. 1451. Aber die Zunahme der Abweichung
der Nadel an einem und demselbigen Orte ist eigentlich
scillirend, wie Herr Cassini durch seine genauern Be-
obachtungen gefunden, und hat keinen constanten
progressiven Gang, so daß es ein tägliches, monat-
liches, und jährliches Maximum und Minimum dies-
ser

fer Abweichung giebt, welches zu verschiedenen Zeiten gar sehr verschieden seyn kann, und woraus gleich erheller, wie unzuverlässig es ist, durch Beobachtung die mittlere Declination der Nadel einen Ort bestimmen zu wollen.

Abweichung und Variation der Magnetnadel auf dem Observatorium zu Paris seit 1667 bis 1771 bemerkt von Herrn Cassini; im Journal der Physik, T. C. 418. ff. 3 B. VIII. C. 433. ff.

§. 1452. Wenn auch die Magnetnadel seit Jahrhunderten bekannt war, daß sie vor dem Streichen mit dem Magnete völlig waagerecht auf der Spitze schwebte, so bemerkte man doch, nachdem sie magnetisirt worden, daß sie ihr Gleichgewicht in etwas verliert und mit der einen Spitze unter den Horizont neigt. Der Winkel, welchen die dazu eingerichtete Nadel mit der Horizontallinie macht, heißt die Neigung: Inclination der Magnetnadel (*Inclinatio aemulicae*.)

§. 1453. Um die Magnetnadel so aufzurichten, daß sie die Inclination ungehindert zeigt, dient die gewöhnliche Einrichtung mit dem Hute nicht, sondern sie wird vielmehr mit Zapfen versehen, zwischen welchen sie in der Mitte eines Ringes hängt. (Neigungsnadel, Neigungscompaß.) Um die Neigung gehörig zu bemerken, muß die Nadel auch gleich im magnetischen Meridiane stehen. Wenn ihre Achse nicht im magnetischen Meridiane ist, so sind die Neigungen größer, und wenn sie den

rischen Meridian rechtwinklig durchschneidet, so ist sie gar völig lothrecht, wenn sie anders gut und genug gearbeitet ist.

solte nächtliche Versuche, Th. III. Kap. 4. §. 61. Recueil des piéces sur les boussoles d'inclinaison, à Paris 1748. 4. Branders und Löffels Beschreibung des magnetischen Declinatorii und Inclinatorii, Augsb. 1779. 8.

§. 1454. In dem größten Theile der nördlichen Halbkugel unserer Erde ist es der Nordpol der Magnetsedel, der sich gegen die Horizontalebene neigt. Die Neigung ist nicht an allen Orten gleich stark, und nimmt zu, je weiter der Ort vom Aequator absteht, er je größer seine Breite ist. In der südlichen Hälfte unserer Erde macht die Spitze des Südpols der Magnetnadel die Neigung, und diese nimmt ebenfalls nach dem Verhältniß der Breite des Orts zu. Sonst ist die Inclination der Nadel, so wie ihre Declination, an allen Orten zufälligen Veränderungen unterworfen.

Beobachtungen neuerer Zeiten über die Größe der Neigung der Nadel hat Herr Cavallo in einer Tabelle zusammengestellt. Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Magnete, mit eigenen Versuchen, von Liber. Cavallo, aus dem Engl. Leipz. 1788. 8.

§. 1455. In Eisen und Stahl kann der Magnetismus auch sehr leicht hervorgebracht werden, ohne die Benützung eines natürlichen oder künstlichen Magnets, und ohne die Mithelfung des Magnetismus. Man hat gefunden, daß eiserne Stangen und Stifte, wenn sie eine Zeit lang in lothrechter Stellung

aufgestellt wurden, wenigstens Polarität zeigen, ne-
mehr, wenn sie im magnetischen Meridiane unter
nem Winkel gegen den Horizont geneigt standen, z
es die Inclinationsnadel anzeigt. Das untere E
eines solchen Stabes stößt den Nordpol der Mag-
nadel, und zieht den Südpol. Es ist also selbst
Nordpol. Die Polarität ist aber nur von gar kr
Dauer und verliert sich bey einer horizontalen E
lung bald wieder. So kann man auch augenblid-
Polarität in einer eisernen Stange zuwege bring
wenn man sie lothrecht in der Hand hält, und mit
nem Hammer oder Schlüssel von einem Ende
Stange bis zum andern Ende sanft klopft. Das
tere Ende wird der Nordpol, das obere der Süd-
Durch Umkehren der Stange und neues Anschla-
kann man die Pole leicht wieder vertauschen. E-
selle Werkzeuge, womit man kaltes Eisen bohrt
schneidet, werden an der Spitze oft magnetisch:
gleiches zeigt das Eisen Polarität, wenn es glüht
im kalten Wasser abgelscht ist oder gewaltsam
brochen wird. Durch die electrischen Funken hat
magnetische Kraft in dem Eisen entstehen, durch
tere sie aber auch wieder verschwinden sehen.

1436. Außer mehreren and. Herrn Knight
Mitchell, Canton, Ingenhousz, ausgefundenen
Methoden, den Magnetismus im Eisen ursprünglich
erregen, hat besonders Herr Anthonius eine Meth-
ode bekannt gemacht, nach welcher man leicht und le-
gers

den Magnetismus im Eisen ursprünglich erwecken und sehr stark machen kann.

Night, in den *philos. transact.* Vol. LXIX. S. 51. ff. A Treatise of artificial magnets, by J. Mitchell, Lond. 1750. 8. *Canton*, in den *philos. transact.* Vol. XLVII. S. 31. ff., und übersetzt im *Hamburg. Mag.* B. VIII. S. 339. *Jungenbousz* vermischte Schriften, B. I. S. 409. ff. *Mémoire sur les aimants artificiels, qui a remporté le prix de l'acad. de Petersb.*, par Mr. *Antheaume*, à Paris 1760. *Karstens Entw. der Naturwissenschaft*, S. 1583. ff.

§. 1457. Der natürliche Magnet so wohl als künstliche verliert seinen Magnetismus gänzlich durch das Glühen im Feuer und durch das Calciniren. So wird auch dem Stahle oder Eisen der Magnetismus durch starkes Werfen, Krümmbiegen, oder durch Rückwärtsstreichen bald wieder geraubt. Wie man in den magnetisirten Stäben, den Magnetismus dauerhaft erhalte, das habe ich oben (§. 1440. schon angeführt. Eben so bewahrt man auch am besten ermirte Magnete oder magnetische Hufeisen auf, indem man sie paarweise mit ihren freundschaftlichen Polen an einander legt.

§. 1458. Noch ist hier folgendes, (von Herrn *Drugmans* entdeckt, Phänomen beyh. Streichen eines Stabes von Eisen oder Stahl mit dem Magnete) zu erwähnen. In jedem Stabe, er sey von Eisen oder Stahl, AC (Fig. 176.) giebt es zwei Punkte A und N, die so beschaffen sind, daß, wenn man ihn ihnen mit dem Streichen eines starken Magnets, womit

womit man an einem Ende, wie in A, anfangen hat, aufhört, bald in A, bald in C seine magnetische Kraft hervorgebracht wird. Wenn man nur bis M gestrichen hat, so wird in A kein Magnetismus erscheinen; streicht man bis N, so wird an dem andern Ende C mangeln, ob man gleich, wenn man dies: oder jenseits der Punkte M und N mit dem Stabe aufhört, einen bemerkbaren Magnetismus an beiden Enden hervorbringt. Herr Brugmans nennt die Punkte M und N Indifferenzpunkte, weil die Enden der Stäbe, die bis dahin gestrichen werden, auf der Spitze einer Magnetnadel ohne Unterschied, (indifferent) wirken, und beide mit gleicher Leichtigkeit ansetzen.

Philosophische Versuche über die magnetische Materie und deren Wirkung in Eisen und Magnet, aus dem Latein des Herrn Anton Brugmans übersetzt herausgegeben von Christ. Gonth. Eisenbach. Leipzig 1784: 2. S. 70. ¹¹

§. 1459. Herr van Swinden, der die Theorie der Indifferenzpunkte des Herrn Brugmans sehr vielem Scharfsinne untersucht hat, setzte zu seinen Indifferenzpunkten noch einen culminanten Punct, mit dem es folgende Bewandtniß hat. Wenn man das eiserne Stäbchen AC mit dem Pol des Magnets, z. B. mit dem Nordpole; von A an streicht, so erscheint im Anfange in A der Süd- und in C der Nordpol, dessen Kraft immer zunimmt, indem man den Magnet durch einen bestimmten Punct von A fortführt. Es ist aber ein Punct in dem Stäbchen AC von der Eigenschaft, daß, wenn der Magnet

Ende A bis dahin geführt worden, alsdann das Maximum der nördlichen Kraft an dem Ende C beobachtet werde. Diesen Punct nennt Herr van Swinden den culminirenden Punct (*Punctum culminans*), 1, wenn man diesseits oder jenseits dieses Punctes Streichen aufhört, die Polarkraft am Ende C umal schwächer ist. Herr van Swinden zeigt durch 12 Versuche, daß die drey Puncte, nämlich der minimirende Punct und die beyden Indifferenzpuncte nicht nur von der Länge und Dicke des eisernen Stabes oder Stabes, sondern auch von der Härte des Eisens und der Stärke des Magnets abhängen.

Brugmans a. a. O. S. 21. f. *Tentamina theoriae mathematicae de phaenomenis magneticis. Specimen I. sistens principia generalia ad novam punctorum indifferentiae et puncti culminantis theoriam. Franqu. 4. mai.*

Ueber die magnetische Intensität jedes Punctes einer Magnets nadel hat Herr Coulomb sehr lehrreiche Erfahrungen angestellt.

Coulombs oben (§. 1435.) angef. Abhandl.

§. 1460. Jede Theorie über den Magnetismus ist bis jetzt unzureichend gewesen. Noch sind unsere Kenntnisse über die Erscheinungen selbst nicht weit genug vorgerückt, und die Thatsachen selbst noch nicht genugsam vervielfältigt, um darauf ein Lehrgebäude errichten zu dürfen.

* * *

Petri van Muschenbroek disert. physica experimentalis de magnete; in seinen disert. phys. et geom. S. 1. ff.

Leon.

*Leon. Euleri opusculor. T. III. continens novissima
magnetia. Berol. 1751. 4.*

*Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, a
F. V. T. Aepino. Petropol. (1759.) 4.*

*Herrn Anton Brugmans Beobachtungen über die Ver-
schaffen des Magnets, aus dem Lat. von C. G. Re-
bach. Leipz. 1781. 8.*

*Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Ma-
gnet, mit eignen Versuchen, von Liberius Cavalli, aus
Engl. Leipzig 1788. 8.*

*Vom Ursprunge der magnetischen Kräfte, von Hrn. P.
voss, aus dem Franz. von Dav. Lud. Bourgoin. P.
1794. 8.*



Register.

Zahlen bedeuten die Paragraphen, N. bedeutet die Note.

A.
al, electrischer 1391
äßen 267
äbenlinien aller Planeten
i. ihre Beweg. 271. N. 2.
weichung der Magneta-
del 1447 f. Abweichungs-
linien derselben 1448 ff.
etum lythargyri. Ace-
tate de plumb. 1117. N.
cida. Acides. 864. Aci-
dum oxalicum 1161. bo-
russicum 1176
tio corporis, actio in
corpus 104. N.
verhaut des Auges 752
eolipila 588
epfelsäure 864. 1135. 1163.
epfelwein 1189
equilibristenkünste 281
es 1073. N.
ether, unter der Luftpumpe
138. N. beym Lichte, und
Eulers 798 u. N.
ethiops, per se 1116. N.
martialis 1119. N.
ffinitas synthetica 174.
electiva simplex 176
Aggregatio 115
Aaun 895. 971
Aaunerde 905
Alkali, Alcalien 874 ff. Cha-
rakter derselb. 874 f. öhen-
de 876. Arten derselb. 877.
flüchtiges 882. als Auflo-

sungsmittel für Schwefel
981. alcalia caustica, vo-
latilia 876 ff.
Alcannatinctur 743. N. ro-
the, als Reagens für Al-
calien 875
Alcohol, Aufsteigen desselben
in Haarröhren 157. N.
eigenthüml. Gewicht dessel-
ben 368. Gewicht desselben
b. Vermisch. m. Wasser 369.
N. 3. 1192. Charakter u.
Phänom. desselb. 1193 ff.
Alcoholometer 364
Alumine 118. 905
Amalgama 1116. N.
Ameisensäure 1174. 1184
Ammoniak 882-885. kohlen-
saures 957. phosphorsaures
1037. salzsaures 1051.
bey Pflanzen 1144. bey d.
Fäulniß 1214. 1217
Ammoniakgas 882-885. 957.
1000. Ausdehnung dessel-
ben durch Wärme 562. N.
Amylum 1157
Analysis 115
Anamorphosen, catoptrische
691. dioptrische 763
Anatom. Heber, Wolfs 317. N.
Anter des Magnets 1428
Angulus incidentias, re-
flexionis 304. N. 669. re-
fractionis, refractus 693.
opticus, visarius 766
Anti-

- Antimonium diaphoreticum 1126 N.
 Anthroplogisch. System 841
 Antlia, aspirans factoria 409. vinopolarum 410.
 pneumatica 424
 Anziehungskraft 39 f.
 Apparat, physischer 13. zur
 Bestimmung der Länge des
 Sekundenpendels 260. N.
 pneumatisch-schemischer 608
 f. zur Wasser- und Sauer-
 erzeugung 921 u. N.
 Aqua regis 1060
 Archimedis. Probl. 369. N.
 Arbor Dianae, A. Saturni,
 A. Iovis 1105. N.
 Area 101. N.
 Areometer 360. mit Scala
 len 360. Fahrenheit'sches,
 Celsus'sches, Nicholson'sches
 365 f.
 Argent., fulminans 1115.
 N. vivum 1116
 Argilla 905
 Arm des Menschen als He-
 bel 283. N.
 Armatura 1331. 1428. Ar-
 matur des Magnets 1428
 Arsenik 118. 1067. Verdamp-
 fung desselben. 580. N.
 Charakter desselben 1124.
 weißer 1124. N.
 Arsenikkalk, Arsenikmetall
 1124. u. N.
 Arseniksäure 864. 870. 872.
 1124
 Asche, und Gewächsalzalkali der-
 selben 1146
 Atmen, Mechanismus des-
 selben 410
 Atmosphäre 829. electriche
 1254. 1307. 2313
 Atome
 Atomistisches System
 Attraction
 Aufbrausen 190. N.
 Aufhängungspunkt
 Auflösung 179 ff. auf
 und trockenem Wege
 partielle, totale 189.
 Gasarten.
 Auflösungsmitel
 Auge, Beschaffenheit
 desselben 741
 Augapfel, Augenhöhle,
 Genlieder, Augenmuskel
 741
 Augenglas
 Augenmaß
 Augennerv
 Aurum fulminans 1115
 Ausdehnung
 Ausdünstung 598 des
 Menschen 627. unmerkliche
 Wässers
 Ausläufer, electriche,
 L. v. d. R. 1335
 Auslangen der Luft
 Australerde 118. 192
 Austrocknen d. Pflanz.
 Axis in peritrochio
 Axungia
 Azote
 B.
 Bartschsaamen, Bartsch
 desselben 151. N.
 Bahn der Körper 65.
 bolische geworfener
 Körper
 Balancierstänke
 Balsam, nardischer
 Barometer 395 ff.
 fächeriges 397. gemeines
 röhrenförmiges desselben 397
 N.

Niederlande schief liegendes 401. **Vernautilli's** recht winkliges 401. **Reuchten** desselben 1388 **rometerprobe**, gewöhnliche 433. **heberförmige** 434. **rostlos** 395 **ryto** 906 **sa acidifiable**, acidifiant 865 **stis**, ponderabile 135. **bey Dämpfen** 391 f. **bey Gasarten**, s. jede unter ihrem **Buchstaben** **atterie**, electrische 1346 **aumahl**, Phänomen desselben 974 **bedeckungen des Objectivglases** 781 **belegung**, bey der **Electricität** 1331 f. **benzothiumen** 1164. **benzotharz** 1164 **benzoesäure** 864. 1135. 1164. **beobachtung** 11 **berlinerblau** 1119. N. 1176. **bernstein**, Phänomen desselben 1229 **bernstensäure** 864 **beschlagen der Gebäude** 944 **bestandtheile** 112. nähere, entferntere 116. nähere, unmittelbare der organischen Körper. 1134. der Pflanzenkörper 1135 ff. d. thierisch. Körper. 1173 ff. **Biegung des Lichts**, s. **Licht**. **Bewegung**, absolute, relative 56. eigene, gemeinschaftliche 59. wirkliche, scheinbare 60. N. krummlinige 67. gleichförmige, veränderliche oder ungleich-

förmige; verminderte, beschleunigte; gleichförmig-, ungleichförmig-, beschleunigte; gleichförmig-, ungleichförmig- + verminderte 72. einfache 81. zusammengesetzte 86. **Gesetz** der zusammengesetzten 17. gerade, schiefe 93. geradlinig, krummlinig 96 f. **Central**. 99 **Kreis**. 101. N. **Größe** derselben 105. 107. **Zeit** derselben 69 **Bewegungspunct** 282 **Bewegungslehre**, reine 54 ff. **Bier** 1139 **Bierwaage** 360 **Bild des Gegenstandes bey Spiegeln**, s. **Spiegel** 623 ff. **bey erhabenen Gläsern** 711 f. **mathematisches**, **physisches** 717 **Bildung der Krystalle**, **organischer Körper** 144 u. N. **Bildungstrieb**, **Blumenkohl** 144 N. **Billard** 95. 305. **Birnenprobe**, **Emeatons** 437 **Bittererde**, **Bittersalzerde** 903. N. **Bittersalz** 971 **Blase**, **Zerreißen** derselben bey der **Luftpumpe** 386. N. 439. **Aufschwellen** derselb. durch **Hitze** 563. N. **Blasensalg**, **Fällen** desselb. mit **Luft** 410. **Wirkung** desselben 828 **Blansäure** 864. 870. 1176 **Blaue Stärke** 1125. N. **Bleichen der Leinwand und Baumwolle** 1055 **Blen-**

rum, virium 99.
 ulationis 257. gra-
 atis 272 f. motus 282
 ffa, alba, citrina
 1117. M.
 yhs 1119. M.
 idleon, mineral. 1127. M.
 ix 1128. 900
 ctenwurz, emzündet
 849
 1189
 ctreis 752
 res olivellari. 1146
 onis 1128. 909
 ulus osonar. 201. M. 118
 mensäure 1135
 enille 44. M.
 renz 146. ff.
 lision 146. ff. Gesetz der
 ben 149
 a 1155
 ettoglas 819
 ictor, electrischen 1384 f.
 alustio 823
 paß 1442. M.
 iposit. d. Fächer. 1120. M.
 ipressionpumpe 423
 densator, resist. 11376 ff.
 uduetor, non. condu-
 tor 11376 ff.
 igeatio 576
 spiriren. 90
 tinuum 42
 tractilität. 126
 ivergenz. f. Lichtstrahlen.
 ernericanische Weltordnung
 271. M.
 rpora, solida, liquida,
 luida, expansibilia 122.
 rigida 124. ductilia, fra-
 gilia 125. lucentia 641.
 opaca, transparentia,
 diaphana, pellicula 642.

velatilia, fixa 600. Sono-
 ra 449. anelectrica, idio-
 electrica 1236. 1048
 Corpuscularisten 798. M.
 Crocus Martis 1119. M.
 Crymoglas 788 f.
 Cucurbitula scarificat. 410
 Culminirender Punkt, bey
 Magnetismus 1459
 Curcumatinctur 743. M.
 Caprum ammon. 1112. M.
 Cylloide. 253
 Cylinder, Muschenbrächtige
 147. M. Schwererwerden
 selben 274. Hinaussteigen
 desselben auf einer schiefen
 Ebene 281. Hingende 467
 Cylindermaschinen, bey der
 1. Gertricht 1257.

D.

Dammerbe 1227 f.
 Dampf, Dämpfe 1236. 270 f.
 578. Ursprung und Theor
 de desselben 579 f. abso-
 lute Elasticität desselben
 584 f. Gewalt des einge-
 schlossenen 586. Zerlegung
 desselben 599
 Dampfbildung 588 ff.
 Dampfblasen 590
 Dampfzugel 588
 Dampfmaschine, Watt'sche
 588
 Dasy- 588
 Dasy- 445
 Declinatio acus magneti-
 cae 1447
 Declinationstarten 1448
 Desoxidation, Desoxidirung
 842. bey Metallen 1085
 Destilliren 599
 Destillirapparat des Savoi-
 ser 611
 Deto-

- Detonatio 1022
 Diabetes 394
 Diagonalmaschine, Eber-
 hards 87. N.
 Dianenbaum 143. N.
 Diaphonometer 661 N.
 Dicht, vollkommen, abfol. 47
 Dichtigkeit 42. Regeln der-
 selben 52
 Diffraetio lucis 747
 Digestor Papini 588
 Directe 93. directio 66
 Distantia focalis 673
 Distanzen, mittlere 101 N.
 Divergenz; s. Lichtstrahlen.
 Divergiren 90
 Dörren der Pflanzen 1136
 Doppelbarometer, Huggen-
 sches, Hooisches, de la
 Hire'sches 401
 Dreieck, Schwerpunkt des-
 selben 274
 Druckpumpe 413
 Dünge 1228
 Dunkelheit 640
 Dampf; s. Dampf.
 Duplicator, electrischer 1386
 Dura mater 751
 Durchsichtigkeit 745
 Dynamisches System 46 f.
- E.
- Ebbe und Fluth 271. N.
 Ebene, horizont. 197. schiefe,
 geneigte, inclinirte 228 f.
 Echo, künstl., vielf. 484 f.
 Eclair, Abnehmen d. Schiefe
 derselben 271. N.
 Edelgesteine, künstliche 1078
 Effervescencia 190. 606
 Eimer voll Wasser, Versuch
 damit 232.
 Eindrücken, d. Pflanzen 1132
- Einfallswinkel 662. s. b.
 Faltspanner 692. s. b.
 Farns 677. Farn-
 fel
 Entanden der Air
 Flüssigkeiten
 Eis 144. N. signifi-
 cation desselben 31
 Expansion desselben 2
 bar. flüssiges Eis
 schmelzendes, s.
 Gefrierpunct in
 selben 619. Unter-
 desselben im Oefen
 Phänomene und Ex-
 pansion desselben 31
 ringeres Gewicht
 als des Wassers 33
 thonen desselben
 Eisapparat
 Eisen 144. N. 1067. E.
 desselben 1119. gies-
 ges, Schwefelsäure
 saures 1116
 Eisenfett, Phän. beim
 magnetische Phän.
 selben 1116
 Eisenfett, vollkommener
 vollkommener. Eisen-
 Eisenvitriol 1119
 1116. N.
 Eisenstein, magnetisch
 Elasticität 126. s. b.
 Fluid 403. derma-
 ften Luft durch E-
 vermindert
 Elasticitätszeiger, s. b.
 Elasticches Gey
 Claterometer, für De-
 404. 432. s. b.
 Electricität 2230 f. s. b.
 theilte, ursprüngliche
 Quantität der magne-

1246. Intensität des
den 1254. entgegenge-
te 1284 ff. Gesetze des
den 1301 ff. gleichartige,
ge Abstoßen 1302 ff. un-
sichere, jetzt Anziehen
05 ff. Mittheilung, Ber-
til. ders. 1310 f. Theorie
entgegengesetzten 1313 ff.
anlehn, dualistisches oder
pimmers System derselb.
13 ff. natürlicher, posi-
u. negativ electrischer
stand derselben 1313 f.
erklärte 1328 ff. Phäno-
me der verstärkten 1347.
erscheinungen derselben im
stilleren Raume 1387 b.
189. einige besondere Ar-
n derselben 1390 ff. Gal-
vini's thierische 1403 ff.
electricitätsammler 1384
electricitätssträger, bestän-
ger 1354
trisch, electrificirt 1230.
electrificiren 1241. negativ,
positiv. Electr. 1313. 1348 f.
electrische Materie 1229 ff.
bemerkungen über d. Na-
ar. und Zusammensetzung
derselben 1408 ff. ist im
sonderbare Subst. 1409 f.
expandibel. Fluid. 1411 f.
k Lichtmaterie 1414 f.
ctrisch. Fluid. 1230. 1407.
Luanität, und Coulombs
Gesetze desselben 1248
ctrisirmaschine 1256 ff.
wesentliche Theile dersel-
ben 1256. verschiedene Ar-
ten derselben 1257 ff.
ctrometer, verschiedene Ar-
ten desselben 1304
- Electrophor 1354 ff. Theile
desselben: Kuchen, Form,
Zeller, Schüssel, Deckel,
Trommel, Conductor, Ba-
sis 1355 ff. Versuche und
Phänomene dess. 1360 ff.
Elemente 116. N. der Peris-
pateriser 118. N.
Elementarwerk 328 N.
Eclipse 101. N. 674
Elongationswinkel 246
Email 1078. 1120. Email-
mahlen 1078
Emanationssyst d. Lichts 798 f.
Embolus 425
Empyreuma 1137
Endgeschwindigkeit 74 f. 117 f.
Engyscopium 776
Entbindungsflosche bey Gas-
arten 611
Entfernungen der Gegen-
stände beym Sehen 770 ff.
Entzündlicher Grundstoff; s.
Brennstoff.
Entzündung; s. Verbrennen.
Erdaasse, Ranken derselben
271. N.
Erden 890 ff. einfache u. des-
ren acht Arten 891: 892. ab-
sorbirende 893.
Erden und Steine, eigens-
thümliches Gewicht dersel-
ben 368
Erderschütterungen, Ursach-
derselben sind Dämpfe 386
Erdschärze, eigenthümlich Ge-
wicht derselben 368
Erdrohr 784
Erfahrungen 10 ff.
Erhitzung und Erhaltung der
Körper 527. Richmannsche
Versuche darüber 533
Erklär.

- Erklärungen 16 f. analogische
 18. Regeln derselben 19 f.
 Erklärungsart, hypothetische,
 categorische 16
 Erleuchtung 640. Stärke
 derselben 655
 Erscheinungen 5 — 10
 Erschütterungsversuch, electr.
 Erschütterungsflasche, Leida-
 ner, Klokische 1329. Er-
 schütterungskreis 1334
 Erze 1106. eigenthümliches
 Gewicht derselben 368
 Essig 1192. destillirter 1204.
 radicaler 1205 M.
 Essigfermente 1202
 Essigsäure 1186. Theorie
 derselben 1198 ff.
 Essigmutter 1199. Essig-
 naphtha 1196
 Essigsäure 864. 1143. 1203 ff.
 reine, concentrirte 1204 f.
 Eudiometer 850 f. Guyton-
 sches 988
 Evaporatio 598
 Exhalatio 598
 Expansibilität, Expansivkraft;
 f. Körper.
 Experimentum 11
 Explosion, electriche 1351
 E, sinkt im Wasser, schwimmt
 in Salzsoole; schwebt in
 der Vermischung von bey-
 dem 338. M.
 Etwelstoff 1135. 1158. Bey
 Thieren 1174. Charakter
 desselben 1180
 F.
 Fällung, Fällungsmittel 191 f.
 Fäulniß 1186, 1212 ff. ei-
 gentliche 1214 f.
 Fall, der Körper 194. M.
 der schweren Körper
 sen Gesetze 1113 ff. 12
 schiefen Ebene 111
 krummer Linie
 Fallhöhe 1114 f. Zeit
 derselben durch das
 Farben, bey'm Prisma
 Theorie u. Phänom-
 selb. 716 ff. vermisch-
 sammingesetzte 737
 änderung ders. durch
 änderung d. Lichts
 Charakter derselb. be-
 y'm 814. ungleich-
 wärmung verschied-
 gesättigter Körper
 Sonnenfeuer
 Farbenbild
 Farbenhoez., Newtons
 Gaserstoff, bey Thieren
 Beschaffenheit dess.
 Federharz 1135. Char-
 derselben
 Federkraft
 Fenster, Gefrieren bey
 144 M. Schmelzen
 ben
 Fermentatio, vinosa.
 da, putrida 1186
 imentum
 Fernambucum
 Fernrohre, achromatische
 787 f. Dioptrische,
 dioptrische 720 f. Cat-
 optisches, Galileisches
 Keplerisches 783. Fern-
 784. Dollondisches
 Ferrum, culum, dact-
 crudum
 Festigkeit

e Thierische, eigenthüm-
 liches Gewicht derselben
 68. Beschaffenheit ders-
 elben 1174. 1179
 , propagé, ganz 615.
 ortatif 1036
 theilteitendes Auges 750.
 755 f.
 er 799 f. 816
 erfontaine 563. N.
 ermaschine, Watts und
 Brenns 588
 ur 31
 der, bey dem Newtonschen
 Spiegelteleskop 792
 sterniß 640
 h, Aufsteigen und Nieders-
 inken desselben im Wasser
 348. N.
 cheilnhygrometer 947
 che, eines reflectirenden
 Körpers, ebene, krumme,
 concave sphärische reflectir-
 ende 671 f. convexe re-
 flectirende sphärische 676 f.
 ichenraum 101. N.
 umme, und ihre verschied-
 denen Farben 845 und N.
 bey Pflanzen 1138
 ische, von elastischem Har-
 ze 408. N. belegte elec-
 trische 1331
 ischenung 294
 iterreiß 1139
 ehkraft 271. N. 12
 ntglas, bey Fernröhren
 788 f. eigenthümliches Ge-
 wicht desselben 368. Bre-
 chungsverhältniß desselben
 697
 otter und nager, Unters-
 schied dabey 348 N.
 wor, mineralis 3964

Fluß 1064. Flüße, Gemische
 574
 Flüssigkeiten, strahlende 133.
 tropfbare, Ausdehnung der-
 selben durch Wärme 581 f.
 elastische. Ausdehnung der-
 selben durch Wärme 561. conves-
 ze und concave Fläche der-
 selben 152. N. 153. N.
 163. Herabfließen u. Nicht-
 herabfließen derselben von
 der Wand eines Gefäßes
 164 u. N. Aufsteigen der-
 selben in Lösspapier, Schwamm
 u. andern R. 166. Durch-
 fließen der- selben durch Lösspa-
 pier, Filz u. dergl. 166.
 Hinderniß daran 166. ste-
 hen in den Haarröhren
 tiefer als auswendig 167
 u. N. gleichartige, allgem.
 Gas der- selben 313. Spirituose,
 eigenthüml. Gewicht der-
 selben 368. schwere expansibele od.
 elast. 370 ff. saure, bey dem
 Holze 1143
 Flußsäure 864. Radical der-
 selben 912
 Flußsaures Gas 1062
 Flußspath 1061. natürliches
 Leuchten desselben 1064
 Flußspathsäure 1061 f.
 Flußspathsaures Gas 1062
 Focus 673
 Folgerungen 10
 Follis hydrostaticus 317 N.
 Fontainen 316 N.
 Fonticulus compressionis
 414
 Form, der Materien 122 ff.
 der Aggregation 128
 Fossilien, primitive Formen
 derselben : 145 u. N.
 R f f Fra-

- Fraternitas caritas 394
 Friction 228. N.
 Frosch, electrische Versuche
 damit 1392 ff.
 Frostpunct, bey'm Thermome-
 ter, künstlicher 501. na-
 türlicher 502
 Fulcrum 282
 Fuligo 1139
 Fundamentalabstand, bey'm
 Thermometer 501
 Fundamentalelectrometer
 1304. N.
 Funken, scheinbare bey'm Lu-
 ge 797. Feuerfunken 823.
 electrische 1249. 1322
 Fusio 569

G.

- Gährung 1185. weinigte,
 saure, fauligte 1186. des
 Brotteiges 1211. faulen-
 de, Theorie und Phäno-
 mene derselben. 1212 ff.
 Gährungsmittel 1190
 Gähse 958. 1188
 Gallerte 1174. 1178
 Gallussäure 864. 1178
 Galmey, krystallisirtes, zeigt
 Electricität 1390
 Ganzmetalle 1069
 Gas, Gasarten, luftförmige
 136. 370 f. 601. Aus-
 dehnung derselben durch
 Wärme 562. Bestandtheile
 derselben sind Basis und
 Wärmestoff 602. Verschie-
 dene Arten, s. jede unter
 dem Buchstaben ihrer Stoffe,
 fe, schweres brennbares
 1141. bey der Kälte
 1218. 1221 f.
- Gas, oxicum, azo-
 219 f. hydrogeni-
 carbonicum 954
 phurosum 976.
 sum 1010. muri-
 muriatosum 1050
 drogenium car-
 tum
 Gasbildung
 Gasometer
 Gebäude, Steinfarbe
 als wenn es kein
 Gefäßhant des Augs
 Gefrieren
 Gefüge 135
 Gegentraft. Gegen-
- Gelatina
 Geißfuß der Maure,
 Hebel
 Geist, brennbarer
 Geruch, Gerüche
 Geruch, brennlicher
 fauliger, dummlichter
 noster und Essenz
 selben 1214-1215
 Geschlechter der Natur
 schaft
 Geschickel
 Geschwindigkeit 71 ff.
 gefolgerte Sätze daraus
 Gesetz, das Doppelte, Tri-
 riottische
 Gespinnst der Spinn-
 Seidenwürmer
 Gestalt, bestimmte
 Gesteine
 Gewächsaussatz 973 f. 1004
 felsaures 971. salp-
 res 1004. salzsaures
 Gewebe, fadiges, bey
 115

erwicht des Körpers 206.
ist bewegende Kraft 206.
absolutes 209. eigenthüm-
liches 210. Regeln dessel-
ben 211. relatives, respec-
tives 230 f. Verhältniß
des relativen gegen das
absolute 232. Vergleichung
und Bestimmung des ei-
genthümlichen Gem. fester
u. flüssiger Körper 350 ff.
360 ff. 368.

Klangruß 1139

Klas 112. N. Ausdehnung
desselb in Wärme 555. N.
899. glattes, rauhes, matt
geschliffenes, bey electri-
schen W. 1300. 1338

Klascylinder, bey electrischen
Versuchen 1257

Klaselectricität, ist unsichtl.
Benennung 1297. 1300

Klasfluß 1078

Klasgeräthschaft; Parkerische
611. 916

Klaskugel, hohle, Sinken
und Schwimmen derselben
344. N. 489. N. mit Was-
ser gefüllt als Brennaglas
819. Klaskügelchen, Ver-
suche damit 162 u. N.

Klasklinsen, Strahlenbre-
chung bey denselben 705.
biconvexe geben Brenn-
cylinder 819

Klasmaschinen, electr. 1257

Klasröhre electrische 1229 f.

Klaskleihe, Zerbrecen der-
selben bey der Luftpumpe
386. N. 439. electr 1257

Klaskafel, Versuche damit
161. N. bey der Electrici-
tät 1330 f.

Klastropfen 127. N.

Klasur 1078

Klaubersalz 143. N. Vers-
wittern desselben 252. N.
971

Kleichgewicht, fester Körper
282 ff. bey'm Hebel 284 f.
Gesetz desselben am mathe-
matischen Hebel 287

Kliedmaßen, menschliche,
electrische Versuche damit
1396 ff.

Klimmer, grüner 1130

Kloeken, Klingen derselben
467. 475

Klockengut 1073. N.

Klockenspiel, electr. 1276.
1344

Klöthen, mitgetheiltes 824.
bey'm Verbrennen 845

Klöthespan 1119. N.

Kluten 1155. 1178

Kold 118. große Dehnbar-
keit desselben 44. N. Aus-
dehnung desselben durch
Hitze 555. N. specifisches
Gewicht desselben 368. Ver-
gürung desselben mit Kup-
fer oder Silber 1073. N.
Verdampfung dess 580 N.
Scheidung desselben vom
Silber durch die Quarz.
189. N. 1067. Charakter
desselben 1113. Auflösung
desselben in Königswasser
1113. N.

Koldfalk 1113

Koldpurpur des Cassius
1113 N.

Koldscheidewasser 1060

Koldsolution 743. N.

Kraduirung der Thermomes-
terscale 505 f.

Kk 2 Granit,

Granit, von ungleicher Dichtigkeit 169. N. gemengt 113. N.
 Gravitas 198. Specifica 210
 Gravitation, s. Schwere.
 Newtons System derselben 271. N.

Griessholztinctur 742
 Größe, Ketige 42. Scheinbare
 und wahre des Gegenstandes
 beim Sehen 766. f.
 Gränspan, kry stall. 1118. N.
 Grundkräfte 8
 Grundmassen 114
 Grundstoffe 109 ff. einfache
 der organischen Körper.
 1133. der Pflanzen 1113 ff.
 der Thiere 1174 ff.

Gummi. Gummiharze, eigenthümlich.
 Gewicht derselben 368. Gummi resina
 1153. elasticum 1154.
 Charakt. ders. 1135. 1149.
 arab., Kirchgummi 1149
 Guss Eisen 1119
 Gymnotus electricus 1391
 Gyps 368. 971.

H. Haarröhrchen, Phänomene
 und Theorie ders. 154. ff.
 Versuche damit 157. N.
 Häute des Auges 750 f.
 Hagel 944
 Halbkugeln, magdeburgische
 386. N. 439.

Halbleiter, electricischer 1237
 Halbmetalle 1069
 Halbsäure 842. gasförmige,
 azotische 1017
 Halbschatten 666
 Hammerschlag 1119 N.
 Hanf, entzündet sich 849
 Harze, eigenthümlich. Gewicht
 ders. 368. v. Pflanz. 1135.

Charakter dess. 1151. N.
 der Electricität
 Harzelectricität, s. wies
 Benennung 1297. N.
 Harzmaschinen, electr. 117
 Hasenseil, s. d. Electric. 117
 Hauch des Menschen 117
 Hauptleiter, electr. 117
 Hebebaum, als Hebel: 117
 Hebel 282 ff. mathematische
 geradliniger, phys. 117
 Phän., Theorie u. Ges. 117
 desselb. 282 f. einarmiger
 doppelarmiger 283. 571
 Heber, Winkelhebel 117
 Kraft und Last bey denselben
 282 f. Moment dess. 288.
 Potenzen und Einwirkung
 der Winkel dess. 117
 Heber 388 ff. gemeiner
 Württembergischer 393. N.
 Herscher 394. Wollst. 311
 tomischer 311
 Heberbarometer
 Helligkeit
 Hepar sulphuris
 Hepatisches Gas
 Heronsball 414. 439. 565
 Heronsbrunnen
 Hirschhaut des Auges
 Hitze; s. Wärme.
 Hodometer
 Höhe der Körper
 Höhlenstein 1115. N.
 Hohlgläser 705. 714
 Hohlspiegel, parabolische
 die besten Brennpunkte 117
 Holz, Leuchten d. faulen
 Holzarten, Versuche mit
 verschiedenen 128. N. eigenthümlich.
 Gewicht ders. 117
 Holzkohle 950. eigenthümlich.
 Gewicht derselben 117

horizontalebene, Horizontal-
 inie 197
 en, Alexanders 483. N.
 nhaut des Auges 750
 nsilber 1115. N.
 feissen, magnetisches 1441
 mores 750 f.
 drargyrum 1116
 draulische Maschine, Seg-
 iera 83. N. f. 324. N.
 drogène 118. 917
 drophan 745
 dro- sulphures 1109
 grometer. Hygroskop von
 Sauffure u. de Luc 946 f.
 grometra 360
 yperbel 161
 ypomochlium 383

 ihr 3.
 70 N.
 iago obiecti 682
 apetus iactus 268
 abegriff 49
 acination der Magnetna-
 del 1452
 adifferenzpunct d. Magne-
 tismus 1458
 flexio lucis 747
 natara fluido u. natara.
 Unterschied dabey 348. N.
 nstrumente 13. akustische
 483. N.
 ntensitas lucis 655
 ntensitäts der Grundkräfte
 46. 121 f.
 iris 753
 upiter 1120
 jupiters, Monde, Ungleich-
 heit des Laufs derselben
 271. N. 11.
 R.
 Kälte, ist etwas Negatives

537. künstliche, Herders
 bringung ders. 620. N. 621.
 Katometer 852
 Kalk, ungelöschter, Ursach sei-
 ner Erhitzung 624
 Kalkerde 118. ist für sich un-
 schmelzbar 574. N. 892.
 900 f. rohe, gebrannte,
 lebendige, reine, gelöschte
 900 f. Schwefelsäure 971.
 salpetersäure 1004. phos-
 phorsäure 1037. salzige
 säure 1051. borarsäure
 1066. kohlensäure bey
 Schaalschieren 1174
 Kalktrahm 902
 Kalkspath, Phänomen bey
 durchsichtigen 704. 958
 Kaltwasser 901
 Kammer, Pascals 387. N.
 bey dem Auge 756
 Kampher 1135. Charakter
 desselben 1169
 Regel, Schwerpunkt dessel-
 ben 274. doppelter, der
 aber zwey schiefe Flächen
 hinauf zu rollen scheint 231
 Kegelschnitt 101. N.
 Kernschatten 666
 Kienruß 1139
 Kieselrde 118. 892. 897 f.
 Klang 455
 Klangfiguren des Chladni u.
 Voigt 467 f.
 Kleber 1135. 1155 f.
 Knall 455
 Knallgold 1113. N. Knalls
 fägelchen 588. Knallsils
 ber 1115. N. Knallpuls
 ver 1016. 1034.
 Knochenasche 1037. 1177
 Knochenrde 1182. Knochen-
 materie 1174. 1188
 Knoten

- Knotenlinien, Bewegung al-
 ler 271. N.
 Kobalt 118. 1067. Charak-
 ter desselben 1125. schwer-
 felsaures 1124. N. zeigt
 magnetische Kraft 1425
 Kobaltkalk, gerösteter. Ko-
 baltmetall, zeigt Magneti-
 tism. Kobaltvit. 1125. N.
 Kochsalz, Gewicht des aufge-
 lösten 369. N. Säure
 desselben 1048. 1060
 Königswasser 1060
 Körper 30 f. Ausdehnung
 derselben 31. feste 122.
 123 ff. harte, starre, wei-
 che 124. zähe, dehnbare,
 streckbare, spröde 125. flüß-
 lige 122. 129 ff. liquide,
 tropfbar-flüssige 122. 130 f.
 expansibele, eigentlich, elas-
 tisch flüssige 122. 131 f.
 expansibele an sich, expansi-
 bele durch Mischtheilung
 132 f. rein, expansibele,
 schwere expansibele flüssige
 133 f. dichte, lockere 208.
 schwerartigere, leichtarti-
 gere 208. fallende, Höhe
 derselben 214 f. feuerfeste
 374. organische, Bildung
 derselben 144 N. flüchtig-
 e, feuerbeständige 600.
 leuchtende, erleuchtete 641.
 opake, undurchsicht., durch-
 sichtige 642. warme, hei-
 ße, kalte 537. warm, hal-
 tende 542. Capacität der-
 selben für Wärme 550.
 schwere liquide, Phänome-
 ne derselben 307 ff. Ei-
 senstein feste verlieren un-
 gleich am Gewichte in ver-
 schied. Flüssigkeiten 311
 rigide, federhart, 1.
 sche, weiche 335 2.
 der menschliche, speci-
 fisch. schwerer als W-
 348. N. hager 3
 946 f. organisch 11
 schaffende und 11
 447 ff. unelastisch
 eigentlich. electr. 1131
 Noble, reine 950 114
 thierisch. Substanzen
 Kohlendampf, 642
 desselben
 Kohlensäure 364. 370 1
 ist Verflüchtigkeit 1
 per
 Kohlensaures Gas, Zu-
 nung desselben 1
 me 562. N. 954
 Pflanzen 1141
 Kohlenstoff 118. 912
 reiner 950. existirt in
 der Menge in d. Natur
 Theorie u. Phänomene
 derselben 952 ff. Wirkung
 derselben 1
 Kometenlauf, ungleich
 371
 Korallgallen, bey der
 tricität 111
 Korallgelelektrometr
 1304 5
 Kortmannchen
 Krämerwage, als 11
 313
 Kraft, Kräfte 2. 3. 1
 sche Erforschung und
 theoretische Folgerungen
 derselben 15
 wegende 35. 54
 stößende, expansibel 35
 wegende, bestimmend 11

1. 106. gleiche 82 f. un-
 reiche 84. äußere, mittler-
 86. Wirkung der bewo-
 nden, nach Perpendikel
 nien 95. Kraft und Ge-
 nkraft 104. Mittelpunkt
 rselben 99. Wärme, leh-
 nde 540 f. Bestimmung
 rselben nach Thompson
 nd andern 542 f.
 ide 958 f.
 idensäure 954. N.
 id, Schwerpunkt desselb.
 74. im Wasser 331. N.
 lmmungsbogen, Krüm-
 nungshalbmesser, Krüm-
 nungskreis 101. N.
 ystall 141. Phänomen bey
 dem Isländischen 704
 ystalline und Kapsel der-
 selben 755
 ystallisation 132 ff.
 ychenfeuer 636
 instlich 1. N.
 itte 148
 igel, Schwerpunkt derselb.
 274. elfenbeinerne, Ver-
 such damit 299. N. elfen-
 beinerne u. bleyerne, gleich
 am Gewichte, verlieren un-
 gleich bey'm Wasserwägen
 335. N. metallene und gld-
 ferne, Schwimmen dersel-
 ben 348. N.
 ugelmaschinen, electr. 1257
 ugelspiegel, Phänomene des
 erhabenen 690
 upfer 118. 1067. gelbes,
 weißes 1073. Charakter
 desselben 1118. Schwefel-
 saures, salzigsaures, krystal-
 lisirt essigsaures 1118. N.
 Kupferkalk 1118 u. N. Kup-

ferkalk 742. N. 1118
 u. N.
 Kurzichtigkeit 774
 2.
 Laden und entladen, bey der
 Electricität 1334 ff. über-
 laden 1336
 Länge der Körper 31
 Lage des Körpers 55
 Lachmustrinctur 743. N. als
 Prüfungsmittel der Säu-
 ren 863
 Lampe des Cardanus 281.
 Archand'sche 828
 Lampenmikroskop, Adams 713
 Lapis infernalis lunaris
 1115. N.
 Laterna magica 713
 Laugensalze 274 ff.; s. Alkali
 Lavendelöl 44. N.
 Lebensluft 829
 Leere, Torricellische 379 f.
 Legirung 1073 u. N.
 Leichname, Emporkommen d.
 etrunkenen 348
 Leim 1178
 Leiter, electriche 1235 ff. die
 vorzüglichsten. 1240. isolir-
 ter, nicht. isolirter 1244 f.
 1256. 1308 f. d. erste 1260.
 trockene, feuchte 1406
 Leiter für die Wärmematerie
 540
 Leuchten, ohne Verbrennen
 822 f. leuchtende Hitze un-
 verbrennlicher Substanzen
 824. verbrennlicher Sub-
 stanzen 846
 Leuchtsteine 823. Hononischer
 993
 Licht, Lichtmaterie, Lichtstoff
 44. N. 118. 639 ff. pflanzt
 sich in geraden Linien fort
 643.

643. Habes denselben 644. verbreitet sich nach allen Richtungen 645. ist expansibel, rein, expansibele Flüssigkeit und imponderabele Substanz 647. besteht aus einer an sich nicht expansibeln Substanz und Wärmestoff 649. verbreitet sich in discreten Strahlen 651. Geschwindigkeit dess. 652. Stärke und Schwäche dess. 655 f. Abwiesheit dess. ist Schatten 662 f. Brechung desselb. 692 f. Gesetz dabei 694 Theorie u. Phänomene dabei 695 f. Zurückstrahlung dess. 699. Phänomene dabei 702. Brechbarkeit des farbigen 716 ff. fl. einfachfarbiges beim Prisma 721 f. homogenes, heterogenes 731. Biegung desselb. 747. Mischung, Entwickelung und Verbindung dess. mit Wärmestoff 798 f. besteht aus Brenn- und Wärmestoff 802 f. Ursach der verschiedenen Arten des farbigen 806. Zersetzung, Zusammensetzung, Färbung desselb. 808 f. ist Agens in der Natur 825
 Lichtmagn 823. Cantons 992
 Lichtstrahlen 644. divergirende, convergirende 658 f. 701. parallele 659. 701. Brechung derselben 692. einfallende 693. Abwiesung derselben wegen der Gestalt des Glases 709. Abwiesung derselben wegen der Farben 727

Ligamentum nuchae :
 M. ciliare
 Linie, Lotrechte, siehe verticale; wasserh. horizontale 197. unendliche
 Linsen (Lentes), abplanconvere, convergire, brennend, siehe : concave, concavconverge 705. derselben 706. Brennend derselben 707. Brennend derselben
 Liquor anodynus, Lagen desselben in Quaken 157. M. L. Libavii 1112
 Löthen 148. Löthblei
 Luft, atmosphärische 1116. M. 370. 379. Zusammensetzung der sphärischen 829 f. Zustand derselben beim Druck 261. expansibel, compressibel 374. brennend, entzündbare 918. 954. M. vitriolhalt. atmosphärische, ist ein vollkommener electrischer und Nichtleiter 1254. Das Uebrige unter : Gasarten.
 Lufrarten 136. 370. f. Theorie und Phänomene eigenthüml. Schwere derselben 361.
 Luftbild
 Luftgäremesser 1112
 Luftpumpe 424 ff. erfunden von Guericke, bekannt gemacht v. Schott u. Delisle 424. Haupttheile derselben 425

15 f. horizontal, liegend,
schief, liegende, vertica-
427. verschiedene Arten
r selbst. 428. Erfordernisse
ner guten 429 f. Wirkung
r selbst 431 f. Versuche
amit 439 f. Willens
nd Verretrap's Luftpumpe
urch Wasserdämpfe 599
säure 954. N.
schichten 377 f.
thermometer 493. 563. N.
Drebbell'sches, Amanton-
des, Bernoulli'sches 497 f.
tünd. 849. Homberg's 995
na cornua 1115. N.
en; f. Rinsen.

M.

maß d. Centripetalraft 100
agisterium (Lac) sulphu-
ris 983
agnesia 903. nigra 1127
u. N.
agnésie 118. 903
agnesium 118. 1067. Cha-
rakter und Rast desselben
1127 u. N.
agnet 1420 ff. Phänome-
ne desselben 1420 f. Pole
desselben 1422. zusammen-
gelehter, anomallischer 1422.
Richtung oder Lage der
Achse desselben 1423. ziehe
Kobalt an sich 1425. ar-
mirter 1428. künstl. 1436 f.
Verlust seines Magnetis-
mus 1457
Magnetische Materie 1420 ff.
Magnetismus kann dem Ei-
sen und Stahle mitgetheilt
werden 1437. ferner durch
den einfachen und Doppel-

strich 1438 f. ursprüngli-
cher bey Eisen und Stahl
1455 f. Brugmans Phä-
nomen beym Streichen m.
Magnet 1458 f.
Magnetnadel 1423. von Ro-
balt 1425. Phänomene der-
selben 1430. 1433. Theo-
rie und Phänomene des
Magnetism. ders. 1442 ff.
Abweichung ders. 1447 f.
Neigung oder Inclination
derselben 1452
Magnetometer 1429
Manganese 118
Manom., Guericke'sche 445 f.
Marthaut 754
Marmor 958 f.
Mars 1119
Masse des Körpers 49 f. 105.
widerstehende 106. gleich-
artige, ungleichartige 109.
gemengte, gemischte 113
Massicot 1117. N.
Mater vini 1188
Materia, albuminosa 1158.
1180. acris, narcotica,
fibrosa plantarum 1170
— 1173
Materie 30. ff. mechanische
und chemische Durchdrin-
gung derselben 37. N.
große Theilungen dersel-
ben 44. N. 1 — 6. schwer-
lose, schwer-machende 204 f.
Arena flüssige, leicht-flüssige
572 N. electrische 1229 ff.
magnetische 1420 ff. Das
Uebrige f. unter: Stoffe.
Mauersalpeter 1004 f. 1226
Mechanismus des Stehens,
Gehens u. f. w. bey Men-
schen und Thieren 281
Meersalz

Reersalz	1051	Mikroelectroscop. Winde-
Rehl	1155	meter
Membranae	750	Mikroskop 776. einfach
Meniscus	704	d. Wilsonsche, Lieberts-
Mennig	1127. N.	das M. mit dem Erleuchtungs-
Menstruum	180	spiegel 778. zusammenge-
Mercurius 1116. praecipitatus		stuliches
per se, praec. ruber, praeco-		Milchzucker 1174. 1182. E.
albus; sublimatus corrohi-		zucker-säure
vus; dulcis 1115. N.		Mineralkalkali, ist dem Ge-
Meridian, wahrer, magneti-		alkali ähnlich 320. ent-
scher	1447	aus Asche verschieden
Messing	1073. N.	gefalteten Meersaler mit
Metalle. Können derselb. 139. N.		den Kräutern, oder aus
eigenthümliches Gewicht ders-		traalsalzen
selben 368. Ausdehnung der-		Minium
selben in Wärme 355. 912.		Minuselectricität 1097. N.
Phänomene derselben 975. als		Minute
einfache verbrennliche Subs-		Mischung (Mixtio) 115. N.
tanzen, Theorie und Phäno-		nischer Körper, von sich
mene derselben 1067 ff. einis-		folgende Veränderungen
ge. schmelzen vor, andere		ben
nach dem Glöhen 1070. einis-		Mittel, Mitteleing 61. N.
ge lassen sich schweißen 1070.		oder. leeres, widerstau-
sind krystallisirbar 1071. feur-		stendes 68. dichteres
erhebliche, flüchtige 1072.		neres beim Lichte
Verfallen derselben 1074. ff.		Mittelflasche, bey Gadam
regulirische 1075. edle, uns-		Mittelpunct, der Kraft
edle 1076. einige werden beim		Schwere 272 ff. der 27
Verfallen zu Säuren oder		2. 4. der Schwingung
Oxiden 1084. Verwandtschaft		Mittelfalte 390 ff. N.
und Verhältnis derselben zum		Mitverflüchtigung
Sauerstoffe 1090 ff. Kohlen-		Mörtel
stoffhaltige 1112. Phänomene		Molybdaena
derselben bey der Electricität		Molybdän. Molybdämed
1240. 1300		Molybdaenum 112. N.
Metalla, sulphurata 1106. hy-		Charakter und Fall des
drogeniq. sulphuratum 1209		
carbonata 1112		Mondlauf, Ungleichheit
Metallbäumchen 144. N. 1105		selben
Metallbradt 1231 f.		Monochord
Metallgemisch 1073. Rose'sches		Montgolieren
573. N.		Mos
Metallkalle 1074. ff. vollkomme-		Motus 55. aequabilis, un-
ner, unvollkommener 1092.		mis, variatus, retardat-
eigenthüml. Gew. derselb. 368		72. centralis
Metallthermometer, Wörtz-		Macillago
mers, Löfers, Reihers 409		N.
Metallversetzungen 1073		Nachtgleichen, Vorräthe
Metallische Gläser 1078. me-		selben
tallischer König 1075. mer-		Naphtha, Verdampfung
Salze	1101	ben
Merb	1189	Natrum

ir i n. N. todte 6
 ra naturans, naturata 1. N.
 irtlich, unnatürlich, widers
 rürlich 1. N.
 rbegebenheit. Naturers.
 einung 5 — 10
 urforscher, Naturphilosoph
 15
 urgeschichte 6. Naturges
 36
 urlehre, Naturwissenschaft
 historische, rationelle 6.
 npirische, speculativde 15.
 ichte derselben 16. allge
 ernt 18 — 185, besonders
 30 bis zu Ende. Metaphy
 sche 19 ff.
 urphilosophie, mechanische
 onamische 45
 del 192. 196. N. 241 f.
 gung der Magnetnadel 1452
 igungslorb 693
 igungsnadel, Neigungscor
 1453
 rovenbant, Neighbant 754
 rvis optica 751
 ntralfalte 126 — 129. 101 f.
 cheleiter, electrische 1236. ff.
 ie vorzüglichsten 1239
 ederschlag 191. f. Metallischer,
 roße Theilung desselb. 44 N.
 ederschlagung 191 f. 144. N.
 bey Metallen 1106 f. Nieder
 schlagungsmittel 191
 Gel. Nicoolum 118. 1067.
 Charakter desselben 1103
 ordpol des Magnets 1422
 ormalikraft 100
 ormalinie 101 N. 18
 uschaale, Schmelzen einer
 kleinen Silbermünze in ders
 selben 574 N.

D.

bliqua 93
 bjectivglas, Ocularglas 781
 del, eigenthüml. Gewicht der
 ätherischen u. fetten 368. löset
 d. Phosphor auf 1042. fettes,
 ätherisches bey Pflanzen 1135.
 brennliges 1143. Charakter

desselben 1166. riechende, des
 stürkte, wesentliche 1168
 Dehlrug 1139
 Oleum empyreumaticum 1143
 ungainosum 1166
 Dpernander 687. N.
 Orbiculus ciliaris 752
 Orbita 749
 Organische Substanzen, lebens
 de 1134. todte 1184
 Ort, absoluter, relativer 55
 Oscillatio penduli 244
 Oxium, oxygenium, oxyga
 no 137
 Orid, Oxide 142. Orlbrungen
 Orlgenstrung, Oxidation 142.
 beim Verfallen der Metalle
 1084
 Oxide de Mercura 1116. N. Ox.
 de plomb. 1117. N. Ox. de
 fer. 1119. N. Ox. d'etain
 1120. N. Ox. de bismuth 1121.
 N. Ox. d'arsenic. 1124. N.
 Ox. metallique du premier
 degré d'oxidation 1092.

N.

Nanzer des Magnets 1428
 Papier, gefärbtes, als Reas
 gens für Alkalien 875
 Parabel 675
 Partes, similes, dissimiles
 111. constituentes 112
 Passerin 328. N.
 Pechblende 1130
 Pendul, einfaches, mathematis
 sches, zusammenges. 242. 256.
 Schwingung, Schwung desselb
 en, halber, einfacher, ganzer,
 zusammengesetzter, isochronis
 cher 244 f. Schwingungszeit
 desselben 246 f. Schwingungs
 punct desselben 257 f. Aufhän
 gungspunct desselb. 258. Läng
 ge des einfachen 259 f. roßfhrs
 miges, Graham's u. Romain's
 261. Leiden des einfachen von
 Galilei 262. Schwingungsbes
 ten dess. 261. Anwendung der
 Oekze dess. von Huggens 264
 Pendelschwingungen 241 ff.
 Pendulubr, von Huggens 263
 Penumbra 666
 Percuss

- Percussionmaschine des Mar-
 riotte 298. N.
 Perindum 281. N.
 Perspectiv; s. Fernrohr. Per-
 spectivfaken 624. N.
 Pflanzen, Versuche und Phäno-
 mene derselb. 927 f. Stoffe u.
 Charakter derselben 1135 ff.
 Pflanzenbutter 1166
 Pflanzenstoff 1135. scharfer, natu-
 rlicher 1170 f.
 Phaenomena 5 f.
 Phlogiston 103; s. Brennstoff.
 Phosphor 118, 912. eigentüm-
 l. Gewicht dess. 368. Homborgs
 823. Charakter u. Phänomene
 desselb. 827 f. 833 f. 1035 ff.
 Cantonischer, Vologneser 846.
 994. bey'm Eudiometer 851.
 Kunstsicher, Urphosphor
 1035. Wirkung desselben auf
 Metalle 1111
 Phosphorgas 1043. N. Phos-
 pherlast 1043
 Phosphorsäure 864 f. 870. 872.
 Theorie und Phänomene der-
 selben 1035 ff.
 Photometer 656. 663
 Physica 4. Physical. Schriften,
 Verzeichniß derselben 27
 Pia mater 751
 Pigmente 44. N. zum Porzels-
 schmahlen 1078
 Pile, electrische 1283
 Planetenlauf. Perturbationen
 dess. Planetensystem 271. N.
 Platum inclinatum 218
 Platin, Platina, Platinum
 118. 368. 1067. 1114
 Platten, Morveau's metallene,
 Zusammenhang derselben mit
 Quecksilber 147. N.
 Plaselectricität 1297. 1313
 Pole d. Magnets 1432. künstliche
 1428. ungleichnamige, gleich-
 namige 1431 f. Gesetz ders. u.
 Versuche 1433. freundschaftli-
 che, feindschaftliche 1434
 Polymoskop, Hevelsch's 687. N.
 Polyödrum 703
 Polyplaston 294
 Ponderosität 209
- Potentia
 Praecipitatio, praecipitans
 Principium adstringens
 Prisma, Schwärze
 raden 374. Phänomene
 gläsernen
 Proberendel
 Pulshammer
 Pulvis fulminans
 Punkt, leuchtender best.
 cit. 1290. Probleme
 Functum, congelationis
 regulationis, ebullitionis
 Pupille
 Purzelmann, chymisch
 Purpura mineralis
 Putrefactio
 Pyramide, Schwärze
 • selbst
 Pyrometer, 809. 809.
 510. Rindenschicht,
 guets, Curatost
 Pyrophos
 Pyrophor, Homborgs 16
- Q.
 Quadrantenelectromet. 1171
 Quantitas motus
 Quecksilber 118. 1067.
 • thüm. Gewicht desselb.
 dieses eigentl. Gew. des-
 selben 356. Verdampfung
 dess. 480. N. Phänomene
 dess. 379. N. f. Charakter
 dess. 1116. salpetersaures
 • fästes, salzigsaures 1116
 Quecksilberapparat, bey
 • arten
 Quecksilbertalk 1116
 Quecksilberpräcipitat, 1116
 Quecksilbersublimat 1116
 Quecksilberthermometer
 Quecksilbervitriol 1116
- R.
 Rad an der Welle
 Radbarometer, Hooke

al muriatique, fluori-
 1, boracique 118
 vectores 101. N. sonori
 Radius incidens, re-
 cus 699
 Torpedo 1391
 igt werden ist eine Art von
 1944 brung 1211
 factio 489
 b 593
 n. 30. 33. absoluter, relati-
 f beweglicher, empirischer,
 rer, reiner 34. Raumesins
 it 49
 englas 703
 ctio 104
 iciren der Metalle. Re-
 ctio 1079
 rion 3. Hebe Licht.
 actio lucis 692. Refrangi-
 litas scaminum lucis 717
 en 944. Regenbogenhaut
 3. Regenwasser, reines des
 lirtes, als Einheit bey
 ergleichung des eigenthums
 hen Gewichts mehrerer Kör-
 r 391. 368. 938
 ulas Newtonianae 19
 ulus 1075. antimonii 1126
 den, fester Körper unter
 nander 637. bey der Elec-
 icität 1241
 ber, Reibung bey der Elec-
 icität 1256. 1259
 f 944
 fen des Obfess, 1210
 febarometer 401
 fblep 1112
 ina 1141
 onanz 476. N.
 ina 754
 bruna 66. eimerfey, entzät
 engefehte 107. 292. N.
 chende Ausküffe, große Ebe-
 ung derselben 44. N.
 19 des Saturns, Rotation
 effelben 271. N. Röhlerner
 26. N. Ringe, flingende 467
 dentleue, entzündet sich 849
 bre, Torricellische 379 f. me-
 allene bey der Electric. 1234
 nen der Pflanzen 1137
 heifen 1119

Rolle 294
 Roff, Kosten 1098
 Rabe, absolute, relative 97
 Ruhepunct 282
 Ruß 1139

C.

Saceharum Satarni 1117. N.
 Cättigung 128. bey der Elec-
 tricität 1313
 Cäuren 262 ff. Arten und Ein-
 theilung derselben 264. bekes
 den aus eigenem Radical und
 Sauerstoff 265. Berlegen und
 Zusammenfegen derselb. 266 f.
 einfaches und zusammengefeht
 tes Radical ders. 270. u. N.
 vollkommene, unvollkommene
 272. u. N. schwefligte 272 f.
 falpetrigte 1001 ff. phospho-
 rigte 1040. des Kochfalzes,
 Flußspaths u. Boraxes 1047 ff.
 salzigte 1049 f. flüchtige 1061 f.
 Cäflor 1125. N.
 Cäite, gespannte 450 f. Länge,
 Dide und Spannung dersel-
 ben 459 f. Einklang, Octave,
 Quinte u. f. w. derselben 462
 Sal acetosellae 1161
 Cälmiaf 1050 f. Cälmiafgeist,
 ähender, lauffaurer, Aufsteis-
 gen desselben in Haarröhren
 chen 157. N. ähender 882
 Cälpeter 143. N. als Bestands-
 theil des Sauerstoffgas 231.
 1001 ff. gemeiner 1004. als
 Mittel bey dem Verpuffen und
 Verkalten der Metalle 1095.
 erdiger 1226
 Cälpetergas, Ausdehnung dessel-
 ben durch Wärme 562. N.
 1001 ff. als eudiometrisches
 Mittel 1019. Entwidlung
 desselben bey Metallen 1099
 Cälpetergeist, Aufsteigen desselb.
 in Haarröhren 157. N. raus-
 chender, farb. dess. 743. N. 1002
 Cälpeterluft, dephlogistifirte
 1017
 Cälpeternaphtha 1196
 Cälpetersäure 264. 270. 272.
 1002 ff. Mifchung ders. nach
 Cavens

- Eavendish 1031. ist Haupt-
 product d. Verwelnung 1226
 Salz, eigentümli. Gewicht ders.
 368. krystallinische, Erhaltung
 bey Auflösung derselb. in Was-
 ser 620. Character ders. 814 f.
 Krystallisation ders. 857. Zer-
 fallen oder Verwittern derselb.
 859. Verschmelzen derselben 860.
 Eintheil. derselben 861. urind-
 tes 882. N. metallische 1101
 Salzgeist, Aufsteigen desselben im
 Haarröhrchen 157. N. raus-
 chender 1048
 Salzigsaures Gas 1050
 Salzkrysalle 857 f.
 Salzsäure 864. 872. depbilitirte,
 te, vollkommene, gemeine 873.
 N. Radical derselben 912. Ver-
 schaffenheit u. Phänomene der-
 selben 1019 ff. originirte, de-
 pblogisirte 1052. salpetrische
 saure 1050
 Salzspindel 364. Salzwaage 360
 Sammlungsgläser 707
 Saturnus 1117
 Sauerbrunnen, natürliche 956
 Sauerfleeke 1135. Sauerflee-
 säure 864. 1135. Character
 derselben 1161
 Sauerstoff, 118. 831 ff. Sauers-
 toffgas, Ausdehnung desselben
 durch Wärme 562. N. ist Theil
 der atmosphärischen Luft 829.
 Theorie und Phänomene des-
 selben 831 ff.
 Saugen, der Kinder 410
 Saugpumpen 409
 Scale 399. Reibtheilische 505.
 N. 393. N. Schwedische 504.
 Neaumürsche, Teilsische,
 Deilsische 505. N.
 Schall 447 ff. Körper, die ihn er-
 zeugen, u. Mittel, die ihn fort-
 pflanzen 449. Stärke u. Dauer
 derselben 454. dumpfer 455.
 Geschwindigkeit desselben als
 Mittel, d. Entfernungen eines
 Orts, Gewitters u. s. w. zu
 beurtheilen 480. N.
 Schallstrahlen 477 f.
 Schatten 662 f. gerader, unger-
 rechter 664. wahrer, Fictus,
- Halbschatten 666. ge-
 Schanfel, als Hebel 11
 Schere, als Hebel 11
 Scheibe 294. Ringende,
 tische, Quadrat:
 Scheibenmaschinen, dant.
 Scheidewasser
 Scheidung
 Schießbarren, als Hebel 11
 Schießpulver, Kraft der
 Entzündung und Ver-
 le desselben 121
 Schiffsrunder, als Hebel 11
 Schillern der Körper
 Schimmeln, vegetabilische
 se
 Schlagweite, bey der Er-
 tät
 Schlange, electrisch
 Schleim 1135. Charak-
 ten
 Schleuder
 Schmalz
 Schmelzen und Gefrieren
 Schmelzgläser
 Schmelzungsmittel
 Schnee 144. N. 933. 1140
 Firmität des Schnees
 bey dem Schmelzen 615
 auch mit warmen W-
 Schanze
 Schneewasser; s. Regen
 Schnellloth
 Schnellwaage, als Hebel 11
 Schmel, rother
 Scherpfköpfe
 Schrot, bleiveres 11
 Schwefel 118. 144. N. 11
 Verdampfung desselb. 11
 Beschaffenheit und Phäno-
 me desselben 962 ff. 1162
 talle auf 1106. bey der Er-
 tricität
 Schwefelalkali 981. ist Er-
 lungsmittel für Metalle 11
 Schwefelbäder
 Schwefelblumen. Schwefel-
 then
 Schwefeleisen. Schwefel-
 Selbstentzündung 118
 Schmelz

Schwefelgas. Schwefelgasfackel
 528 976. 1099
 Schwefelleber 976. Schwefel-
 erksalt 984. N.
 Schwefelluft 976
 Schwefelmethall 1106. Vermit-
 teln derselben 1197. wasser-
 haltiges 1109
 Schwefelmilch 984
 Schwefelrabin 144. N.
 Schwefelsäure 364 f. 370. 372.
 Beschaffenheit und Phänome-
 ne derselben 962. ff. vollkom-
 mene 966. giebt Neutral-
 und Mittelsalze 971. flüchtige
 972. N.
 Schwefelwasser 985
 Schwere, im allgemeinen 196 ff.
 N. stetig wirkende Kraft 200.
 Ursach ihrer Kraft liegt außer
 unserer Erfahrung 205. ist
 beschleunigende Kraft 206.
 eigenthümliche. 210
 Schwererde 118. 392. 906.
 Schwefelsäure 971. salzigsaure
 1041
 Schwerpunkt, fester Körper
 272 ff. Directionslinie dessel-
 ben 276. f. mechanisches Zin-
 den desselben 278. N.
 Schwerspath 906. 971. Schwere-
 kein 1129
 Schwimmen, der Körper 341 f.
 der Schiffe 344. N. der Wren-
 schen, der Vogel in der Luft
 343. N.
 Schwimmblase der Fische, wor-
 in Stickgas ist 999
 Schwingung, Schwingung u. f. w. ;
 f. Pendul.
 Schwingungsbewegungen, schal-
 lender und klingender Körper
 147 ff. Mittelpunkt derselben
 174. Geschwindigkeit dersel-
 ben 476 f.
 Schwingungsknoten 464 f.
 Lopeta pneumatica 414
 Sekundenpendul 259
 eben 632. Theorie und Phä-
 nomene desselben 748. 758 ff.
 Schenker 752 f. Schenkel
 766 f.

Seide, weiße, schwarze, bei
 der Electricität 1300
 Seife 1167
 Selbstentzündung 343 f.
 Selenit 971
 Semimetalla 1069
 Sentwaage, hydrostatische, mit
 beständigem und veränderli-
 chem Gewichte 360 f.
 Sense, als Hebel 283. N.
 Serpentinsteine, zeigt Magne-
 tismus 1426
 Siebegrade des kochenden Was-
 sers unter der Luftpumpe
 521. N.
 Siedepunct, bey dem Thermome-
 ter 501
 Siebellad, electrische Phäno-
 mene desselben 1259. f. 1300
 Silber 118. Verdampfung des-
 selben 980. N. Legirung des-
 selben mit Kupfer 1073. N.
 Charakter desselben 1125. Salz-
 peterhautes 1115. N.
 Silberbaum 143. N. 1105. N.
 Silberglätte 1117
 Silice 1118
 Silurus electricus. 1392
 Similor 1073. N.
 Situs 55
 Smaalte 1125. N.
 Soda. Soda 820. N. 1146
 Solutio 179. Solvens 180
 Sonnenfeuer 635. Wirkung
 dess. auf farbige Körper 814
 Sonnenmikroskop, Lieberkühns,
 Martins 713
 Sonnenzeit, wahre, mittlere
 70. N.
 Soomwaage 364
 Spangrün 1118. N.
 Spatbsäure 1068
 Spectrum 716
 Specula caustica, uistoria, ar-
 dentia 817
 Sphäroidmaschinen, electrische
 1257
 Spiegel 677. Es giebt keinen
 vollkommenen 678. Materien
 zur Zubereitung derselben
 679. ebene, plane, trumme,
 concave, concave, sphärische,
 elliptische, parabolische, hy-
 perbo-

- verholische, collinbrische, co-
 nische 681. Phänomene ders-
 selben 682 ff. pyramidalische,
 prismatische 691. N.
 Spiegelsabinett. Spiegelsaalen.
 Spiegelzimmer 686 N.
 Spiegelteleskop, von Newton,
 Gregory, Cassgrain, Hers-
 chel, Schrader 792—796
 Spiegelstbzig 144. N.
 Spießglas 118. 1067. Verdam-
 pfung desselben 580. N. Cha-
 rakter desselben 1126. schweiß-
 treibendes 1126. N.
 Spießglanzbutter. Spießglanz-
 glas. Spießglanzmet. Spieß-
 glanzsaft 1126 u. N.
 Spinnen, electrische 1276
 Spiritus, Libani rauchender
 1120. N.
 Spiritus vini, ardens, inflam-
 mabilis 1191 f.
 Sprachgewölbe. Sprachrohr
 483 u. N.
 Springbrunnen 316 N.
 Springkraft 126 f.
 Stachelbusch, electrischer 1391
 Stäbe, klingende 467
 Stärke 1135. 1157
 Stahl 1119
 Stahlbrunnen, Kohlensäure
 956
 Stahlfeder 127. N.
 Stalactite 144. N.
 Stangenschwefel, Phänomene
 desselben 1229. f.
 Streckheber, Wirt. desselb. 410
 Steinsalz 1041
 Stern, leuchtender bey der Elec-
 tricität 1290
 Sternentag 70. N.
 Sternrohr, Keplerisches 783
 Subium 1126
 Suidgas, Ausdehnung dessel-
 ben durch Wärme 562. N.
 als Bestandtheil der atmos-
 phärischen Luft 829 Theorie
 u. Phänomene desselb. 998. ff.
 sauerstoffhaltiges 1001. 1016 f.
 Stickstoff 118. 912. Theorie u.
 Phänomene desselben in Ver-
 bindung mit Sauerstoff 998 ff.
 Stoffe, unzerlegte, unzerleg-
 bare 117. einfache 118. a
 schwere einfache 118. b
 bindungen 822 ff. m
 verbrenliche 911 ff. k
 narcotischer 1135. m
 ziehender 1165. n
 ge 1220. m
 Stoff, fester Körper
 gerader, schiefer 37
 traler 298 u. N. Der-
 selben 296 f. Seile
 bey vollkommenen r
 pern 298. bey k
 weichen Körpern 299
 flexions: und Curv
 bey demselben
 Stoßmaschine, R
 Strahlen 124, einfach
 rückgeworfene 669 f. f
 chene
 Strahlenbündchen
 Strahlenbrechung, ab-
 sche
 Strahlencylinder
 Strahlencanal, Fontan
 Strahlenkegel
 Strahlender Punkt
 Strahlungen des Inse
 Strohhalmelectromet
 Strontionerde 118. 292
 salzigsaure
 Strümpfe
 Stunde
 Sublimate, Frostk
 N. Sublimiren
 Substrat, säurefähiges,
 bildendes
 Substanzen, kohlige, th
 eigenthümliches Genu
 selben 368. zusam
 organischer Körper 112
 Uebrigens siehe Stoffe.
 Südpol des Magnets
 Sulfures metalliques
 Sulphur, Soufre
 Entge
 Sumpflast
 Sappellax physica
 Sympathetische Linen 70
 1118. N. Hellot, J
 blaue 1118

hesia	115	Tetrachord	461
10	385	Tetrodon electricus	1391
em, Franklin, dualis		Textura	139
es	1313 ff.	Tham	944
L.		Thelle, gleichartige, ungleichartige	111 ff. savige, holzige
Men, über die einfachen		den Pflanzen	1178
stoffe 118. über die Zerrei-		theilung, chemische, physicht,	mechanische
rkeit der Körper 128. N.		111. 115	
er den Zusammenhang der		Thermæ hepaticæ	985
örper 147. N. über das Auf-		Thermometer. Thermoskop	398.
igen der Flüssigkeiten in		N. 491 ff. Florentinisches,	
Haarröhrchen 157. über die		Röhrenhelisches, Neanmärts-	
erwandtschaft der Zusam-		ches 500 f. Frost, und Eier-	
ensetzung 174 — 178. über		depunct desselben 501. Eas-	
n Schwinna und Verdrü-		le desselben	505
ng des Secundenpendels		Thon, Schwinden desselben in	
4. über das Gewicht der		Hitze	557
lüssigkeiten 353. N. über		Thonerde 118. 392. ist für sich	
is eigenthümliche Gewicht		unsmelzbar 574. N. reine	
ehrerer Körper in Vergleich		505. Schwefelsäure	978
ung mit Wasser 368. über		Thoufugeln	298. N.
is Gewicht des Salzes, der		Thran	1179
ioole, des Gemisches aus		Thär, electriche	1334. N.
lkohol und Wasser 369.		Tinct. ligni nephritici	742. N.
der die identisch, verschiede-		Tinte, gemeine 1165. sympas-	
en Arten der Säuren, nebst		thetiche; siehe sympathetisch.	
ren latein. und französisch.		Titan	118. 1067. 1131
benennungen 864. über voll-		Tobakrauchen	410
ommene und unvollkommene		Tombac	1073. N.
Säuren 872. über die Ver-		Ton, hoher, tiefer	456 f.
andtschaftsfolge der Metalle		Tonne, magische	414
im Sauerstoffe 1104. N.		Topas, brasilianischer, zeigt	
ber die Bestandtheile der		Electricität	1390
örper d. Pflanzenreichs 1135		Topf, Papinianischer	988
70. N.		Tophe	144. N.
1179		Trägheit/ 61 f. Oesen dert.	64
erde 118. 392. 903 f. schwer		Traubenhaut	753
lsäure 771. borarsäure 1066		Trichiurus indicus	1392
igentialkraft	100	Trinken	410
italus, künstlicher	394	Trinkwasser, electrificirtes	1330
tarus 1160. emeticus		Trochlea	594
1126. N.		Tropfenbildung	139 f.
chenelectrometer	1304. N.	Tubi, capillares	154. optici
stop	750 f.	780. 783 ff.	
peratur der Körper	177.	Tungstone	118
18. Mittel, dieselbe zu er-		Tunagein	1129
eben	633 — 637	Tunica sclerotica, cornea	740
nus, solare, verum, f. ma-		ohoroidea	752
ium, aequale, primi mobilis		Turmer Keryen	1036
2. N. periodicum 101. N. 6.		Turmalin, electriche Elemen-	
pentadbi, Aufsteigen dessel-		schaften desselben nach Cas-	
en in Haarröhrchen 157. N.		vallo	1390 u. N.
ra muriatica	903	211	Kau

- Turpetz, mineralischer 1116. N.
 U.
 Uebergang, bey der Electricität 1313
 Ueberlage, bey'm Hebel 283
 Ueberströmen der Electricität, erscheint in Gestalt eines Lichtpunctes od. eines Feuersbüschels 1250
 Urdglas, Strahlenbrechung bey demselben 705
 Umbra recta, verfa 664
 Umlaufzeiten 101. N.
 Undurchdringlichkeit 32. ist nur relativ 38
 Undurchsichtigkeit der Körper 745
 Ungleichartigkeit 46
 Universalwaage, Lenzpols 293. N.
 Aufschlitt 179
 Unterlage, bey'm Hebel 283
 Uran 118. 1067. Charakter desselben 1110
 Urtschall 484
 Urstoff 117
 Uvea 753
 V.
 Vacuum 34. disseminatum 45
 Vapores 136
 Vectis 282. heterodromus, homodromus 283. angularis 294
 Vegetationen, künstliche, metallische 1105
 Venus 1118
 Verbrennen, entzündlicher Materialien 636. 822 f. Erscheinungen und Theorie desselben in atmosphärischer Luft 826 ff.
 Beschaffenheit desselben 840 f. bey Metallen 1082. f.
 Verdampfung, Maximum derselben 993 f. wirkliche 998
 Vereinigungspunct paralleler Strahlen 673
 Versüchtigen 600
 Versetzungen, eigenthümliches Gewicht der künstlichen 368
 Vergleichsthermometer 505. N.
 Vergolden, versilbern, versilbern 148
 Verarbeitungsart 711
 Verhalten der Metalle 1075 ff. ist wirkliches Brennen 1082. Theorie derselben 1083. ist Oxidation 111
 Vermengung, Vermischung 111
 Verunreinigungen
 Verpuffen 1001
 Verlorium 1011
 Versuch 11 f. Roberval'scher, Kleist'sche, Leibniz'sche, Schenbroeck'sche bey der Electricität 112
 Vertheilung, bey der Electricität 112
 Verticallinie 112
 Verwandtschaft, chemische 174. anorganische vorbereitende 112
 Verwundung, ist von einem Fäulniß verschieden 112
 Theorie derselben. 1235-1237
 Verwirbelung 112
 Vibratio penduli 112
 Virum adustum 112
 Violensprung, als Reagent 112
 Alkalien 112
 Viride aeris - 112
 Vis, attractiva 39. repulsa 36. inertia, et motus 61. motus, attractiva 80. centripeta 80. centrifuga, normalis, centrifuga, centralis 112
 Vitriol, grüner 969. N. 1118. N. weißer 1118
 Vitrioläther. Vitrioläther 112
 Vitriolgeist, Aufsteigen derselben in Haarröhren 157
 Vitriolöl 157. N. 1118
 Vitriolsäure, 969 f. phlogistische, flüchtige 971
 Vitriolum de cipro 111
 Vitrum oneratum 1334. N. tra caustica, ustoria 112
 Volumen 112
 Vulcane, entstehen aus Vulkanen 112
 Waage, hydrostatische 339. Lombs electrische 1304
 112

1166. Wachstafent bey
 der Electricität 1316
 arme 487. specifische, com-
 parative, relative 550. bey
 Pendul 261
 Armegrade des fochenden
 Wassers 581 N.
 Armematerie; f. Wärmestoff.
 Armemesser 491
 Armestoff 118. 487 ff. freyer
 und dessen Verbreitung 511 ff.
 ff. expansibele Flüssigk., rein:
 expansibele Flüssigkeit und im-
 ponderabele Substanz, ist ur-
 sprünglich expansibel 511 513.
 tralender 515. freyer, un-
 merkbarer, verborgener, Kri-
 ter 521. 614. Gleichgewicht
 desselben 524 f. Wirkungen
 desselben auf die Körper 544 ff.
 Expansion der Körper durch
 denselben 544 f. bey Gasarten
 503 f. flaiter 612 ff. abhän-
 gender, chemisch, gebundener
 515. Geseze desselben 618 ff.
 Leiter für denselben. 540
 abhorrwandschaft, einfache
 176. mehrfache 178
 allander 687 N.
 Alrach 1179
 aser, vom gleichartiger Masse
 109 N. als fester Körper,
 18 tropfbar, flüssig, als
 Wasserdampf 137 N. warmes
 138 N. destillirtes, Aufstei-
 gen desselben in Haarröhren
 157 N. Sieden desselben 579.
 Dampf desselben 749. Einfluß
 der Luft auf die Siedhize des-
 selben und überhaupt auf des-
 sen Existenz 591 — 583. Aus-
 scheidung desselben ist keine
 Auflösung in der Luft 598.
 Springen desselben aus dem
 Heronsballe 407 N. Ver-
 wandlung des tropfbar, flüs-
 sigen in Dampf 613. 913 ff.
 ff. keine einfache Substanz,
 113 f. besteht aus Sauerstoff
 und Wasserstoff 913 f. dreys-
 achige Form desselben. 931 ff.
 liquides, eigentliches 931 f.
 Befrieren desselben 933 f. aus

dere Festigkeit desselben 937.
 ist Auflösungsmittel verschied-
 ener Körper 938. atmosphä-
 risches ist das reinste 938. uns-
 merkliche Ausdünkung dessel-
 ben 940 f. liquides nur ist
 feucht, machend 948. läßt sich
 nicht in Erde verwandeln 949.
 kohlensaures, luftsaures 956.
 wesentliches bey den Pflanzen
 1136. hartes, weiches 1167
 Wasserbten 1128
 Wasserdampf 931. 939 f. Elastic-
 cität desselben 940ff.
 Wasserstoff 118. 912. 913 ff. ist
 einfach 910
 Wasserstoffgas, Ausdehnung des-
 selben durch Wärme 463 N.
 916 ff. Basis desselben ist Was-
 serstoff und Brennstoff 919.
 schwefelhaltiges 982. phos-
 phorhaltiges 1043. Entwicke-
 lung desselben bey Metallen
 1099. kohlenstoffhaltiges 1141
 Wasserstrahl, Springen dessel-
 ben aus einer Röhre 165.
 u. N. 268 N.
 Weg, des Körpers 65
 Wegmesser 281
 Wein 1189. Weinsäure,
 electrifirte 1330. N.
 Weingährung, Theorie und
 Phänomene derselben 1187 ff.
 Weingeist, Verdampfung dessel-
 ben 580. N. Beschaffenheit
 desselben 1191. rectificirter,
 höchst, rectificirter 1193
 Weingeistthermometer 493
 Weinslein 1135. 1160. vitriolis-
 irter 978
 Weinsäure 864. 1135. 1160
 Weitsichtigkeit 775
 Werkzeug 13
 Wetterglas 395
 Wetterwächte, Wetterwechsel
 in Oruben 567. N.
 Wiederherstellung der Metalle
 1079 f. Theorie und Phäno-
 mene derselben 1085 ff.
 Widerschall 484
 Winkel, gebrochener 693
 Winkelbebel 294
 Winkelspiegel 686. N.
 Winds

- Windbüchse 327. N. 414
 Windofen, Leistung desselben 467. N. 828
 Wirkungsfreis, electrischer 1254. 1307. 1313
 Wisdmuth 118. 144. N. 1067.
 Weidampfung desselb. 480. N.
 Charakter desselben 1123
 Wismutzkalk 1122. N.
 Witherit 906
 Wolfram 118. 1067. Wolframs
 metall, Charakter und Kalk
 desselben 1129
 Wolframsäure 864. 870. 1129
 Wolsen 592. 944
 Würfel, metallener in Wasser
 gewogen 333. N. zinnerner
 und bleerner, abgewogen in
 einerley Flüssigkeit 334. N.
 hölzerne, Eintauchen derselben
 in Flüssigkeiten 344. N.
 Wunderbar 1. N.
 Wurfbewegung 267 ff. Galilei's
 Gesetz derselben 267. anfängliche
 Geschwindigkeit, Gewalt
 derselben 268
 Z.
 Zaffer 1125. N.
 Zange, als Hebel 283. N.
 Zapfen, beim Hebel 282
 Zaubergemälde, Frankfurtisches 1334. N.
 Zauberkarte, Kirchers 713
 Zauberperspectiv 697. N.
 Zeichnungen, anamorphotische,
 und Instrument dazu 691. N.
 Zeit, bey jeder Bewegung 69 ff.
 Zerfließen und Nichtzerfließen
 der Körper auf andere 191. N.
 Zerlegung. Zersehung. Zerstückung.
 Zertheilung 119. Zersehung
 der Gaskarten durch
 Feuer, Erklärung der
 mit
 Zerreißen der Körper, die
 davon
 Zerstreungsgläser. zerstreut
 Zersamachinen, electriche
 Zink 118. 1067. Zink
 desselben 480. N. Zink
 desselben 1122. Zink
 res
 Zinkamalgama, bey der
 tritität
 Zinkblumen. Zinkfäll
 triol
 Zinn 118. 1067. Zinn
 desselben
 Zinnamalgama
 Zinnasche
 Zinnbaum 143. N. 1067
 Zinnsutter. Zinnfäll,
 kochender, unvolkr
 1122. N.
 Zinnplatten, regulirte
 Zinnober
 Zirkonerde 118. N.
 Zitronensäure 864. 1122
 Zitronensaft
 Zitteraal. Zitterrochen
 wels
 Zucker, ist ein Oxyd 1125.
 1125. Charakter desselben
 Zuckeräure
 Zuleiter, electrischer
 Zurückstrahl. d. Lichts 1122
 Zurückstrahlungswind
 Zusammenhängen, der Körper
 1124
 Zusammenseimen
 Zusammensetzung. Zusammen
 hängung
 Zusammenziehender Stoff
 Zwischenraum, leerer



—
—

Fi.

///
/

||||
/|||
/|||
/|||



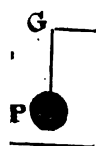




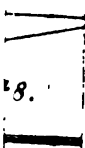
Fig. 2.







47.



48.



Fig.

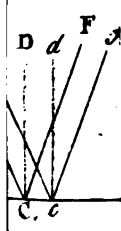


D

L



64.





11

11

11

11

11

11

11

11

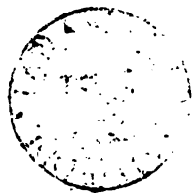
11

11

11

11

11



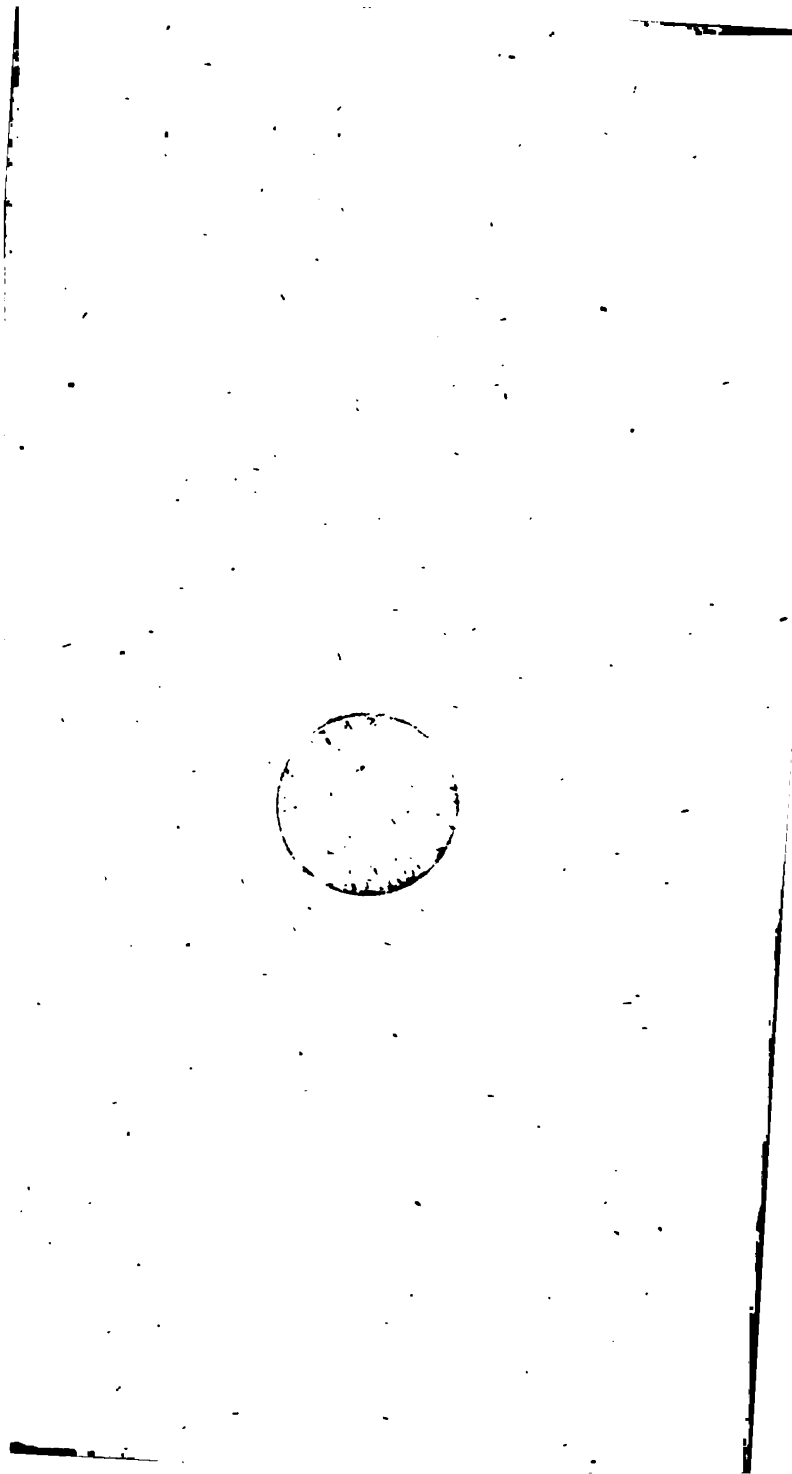
77.

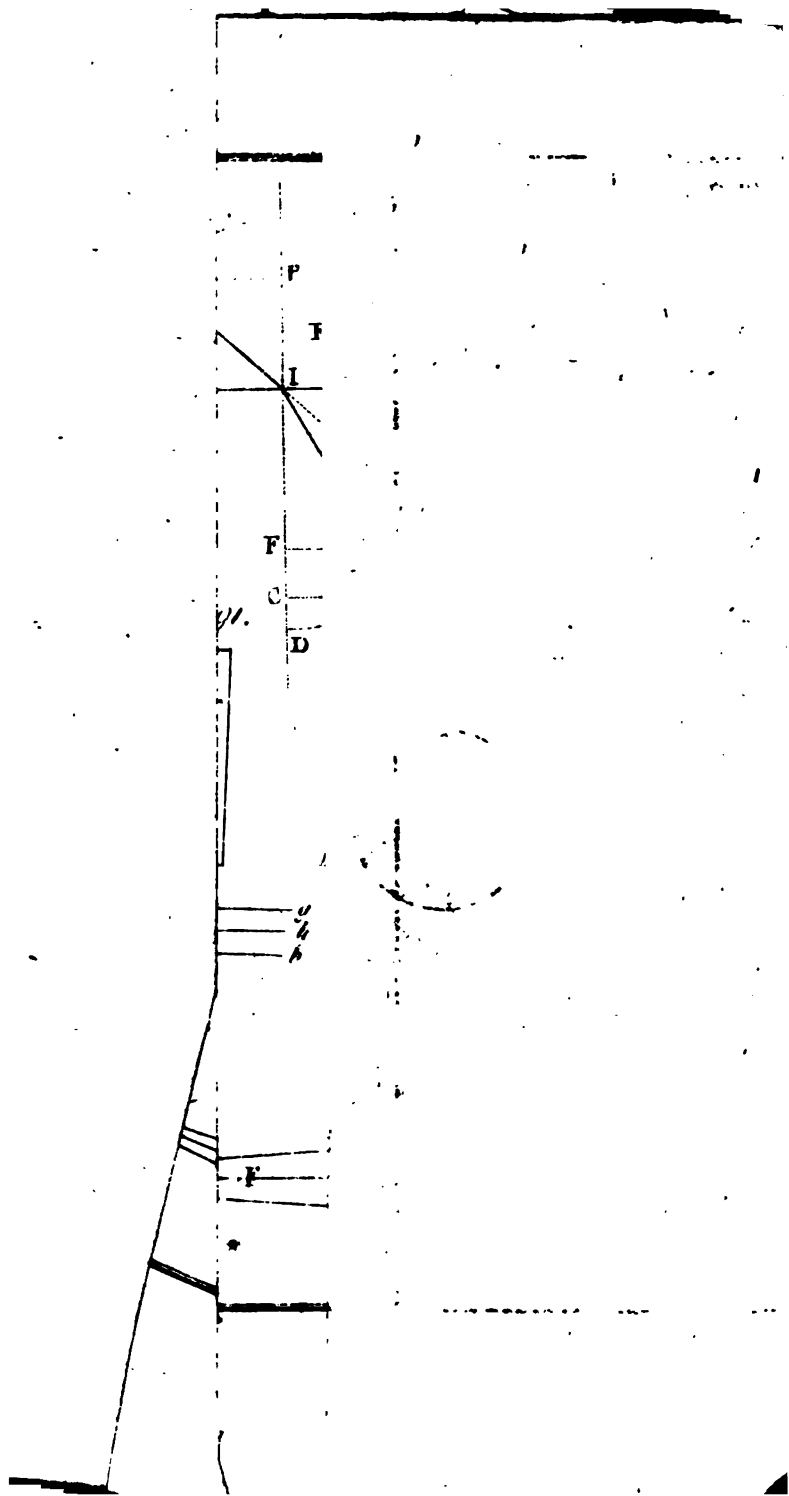




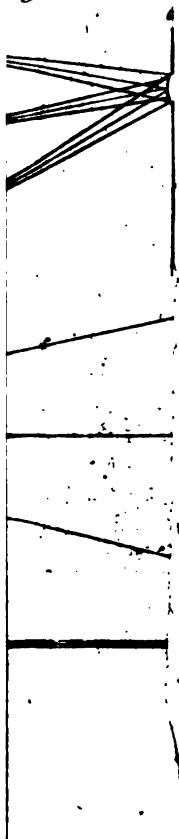
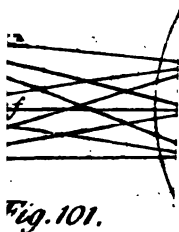
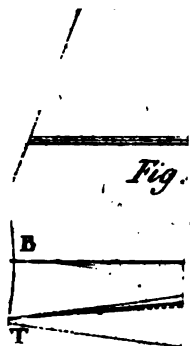
Fig. 79.













—d

—d

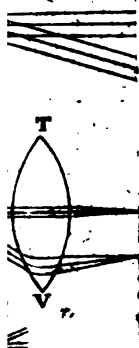
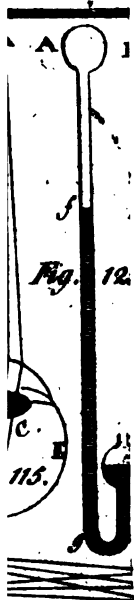
—d

—d

3
2
1
D.
S.
E.

—d











$\cdot F_i$

17

11

I



Fig.

B.



i







